Fisheries and Oceans Canada | Pêches et Océans Canada

The Gulf of St. Lawrence
A Unique Ecosystem

The Stage for the Gulf of St. Lawrence Integrated Management (GOSLIM)

Canada

TABLE OF CONTENTS

1. INTRODUCTION AND BACKGROUND 1
   1.1. Why is the Gulf of St. Lawrence unique? 2

2. OVERVIEW OF THE ECOSYSTEM 2
   2.1. Physical Systems 2
      2.1.1. Physical oceanography 2
      2.1.2. Water properties 4
      2.1.3. Sound environment 6
      2.1.4. Geological components 7
   2.2. Biological Systems 10
      2.2.1. Macrophytes 10
      2.2.2. Plankton 10
      2.2.3. Benthic community 11
      2.2.4. Reptiles 12
      2.2.5. Fish 12
      2.2.6. Marine birds 13
      2.2.7. Marine mammals 14
   2.3. How the Gulf of St. Lawrence ecosystem works 15
   2.4. Human systems around the Gulf 20
      2.4.1. Governance 20
      2.4.2. Human settlements 20
      2.4.3. Human and industrial activities 21

3. OVERVIEW OF ISSUES IN THE GULF OF ST. LAWRENCE 27
   3.1. SUMMARY OF STRESSORS, ISSUES OF CONCERN, KEY HUMAN ACTIVITIES 28

4. SUMMARY 30

Abstract

This report presents the Gulf of St. Lawrence as a unique marine ecosystem that features complex oceanographic processes and also maintains a high biological diversity of marine life. The information provided covers physical systems such as the properties of water, physical oceanography and geological components. The biological aspects include descriptions of macrophytic, planktonic and benthic communities, reptiles, fish, marine birds and mammals. There is also a discussion on the human components such as settlement, industrial activity and governance. By providing relevant information in this format the report highlights the challenge of managing multiple human activities within the context of a dynamic, diverse and unique marine ecosystem.

Unless otherwise credited, the photos are the property of the Department of Fisheries and Oceans Canada

Published by :
Oceans and Science Branch
Fisheries and Oceans Canada

©Her Majesty the Queen in Right of Canada, 2005

Cat. No. FS 104-2/2005
ISBN 0-662-69499-6

Printed in Canada on recycled paper

106-01967/

The *Oceans Act* established a new legislative and policy framework to modernize the management of our oceans-related activities. The basic principles of the *Oceans Act* are: – Sustainable Development, Integrated Management and the Precautionary Approach.

The *Act* is meant to change the way the Government of Canada manages its ocean-related activities and involves all Departments that have a jurisdiction in the oceans. The *Oceans Act* gives responsibility to Fisheries and Oceans Canada (DFO) to lead and facilitate the development of management plans for oceans-related activities in Canada.

With the announcement of the Oceans Action Plan, (OAP), the Gulf of St. Lawrence was identified as one of five priority Large Oceans Management Areas (LOMA) in Canada (along with Grand Banks/Placentia Bay, Scotian Shelf, Pacific North Coast and Beaufort Sea).

The OAP describes how Canada's Oceans Strategy will be implemented, consistent with the intent of the *Oceans Act*. The plan identifies four pillars under which planning for activities will be undertaken.

Hi RES STS110_STS110-720-23.JPG
Image courtesy of the Image Science & Analysis Laboratory, NASA Johnson Space Center. http://eol.jsc.nasa.gov

These are:

- International Leadership - Sovereignty and Security
- Health of the Oceans
- Oceans and Science Technology
- Integrated Oceans Management for Sustainable Development

Under the Gulf of St. Lawrence initiative the applicable OAP pillars are: Health of the Oceans, Oceans and Science Technology, and the Integrated Oceans Management for Sustainable Development. In particular, the initiation of integrated resource management based on a framework of ecosystem management, the development of ecosystem objectives and seabed mapping are priority tasks.

Integrated Management (IM) planning involves defining and assessing the ocean area, engaging all affected interests and establishing consultative and advisory bodies that consider the conservation and protection of estuarine, coastal and marine ecosystems. This is done in order to establish the means for making informed decisions on resource exploitation and ocean use with as much data as possible. The goal of IM is to bring relevant environmental, economic and social concerns into the planning process thus allowing for planning that truly considers the sustainable use of the ecosystem. Within the Gulf of St. Lawrence, the Departmental project that was created to implement this approach is the Gulf of St Lawrence Integrated Management (GOSLIM) initiative.

The initial focus of the GOSLIM initiative is to describe the Gulf of St. Lawrence ecosystem and identify activities and issues from a broad Gulf-wide perspective.

This document summarizes key features of the Gulf of St. Lawrence ecosystem and major human activities that are linked to it. Some threats are identified and briefly described in order to demonstrate that if we want to ensure the sustainability of the Gulf of St. Lawrence, an adaptive and integrated management approach that involves all stakeholders is required.

As a starting point, it is important to identify what we know about the Gulf of St. Lawrence because it is only when we understand how the environment works that potential threats can be identified, and management measures can be put in place to mitigate them.

1.1. Why is the Gulf of St. Lawrence unique?

The Gulf of St. Lawrence is similar to an inland sea with a distinct ecosystem, characterized by partial isolation from the North Atlantic, freshwater runoff from the land, a deep trough running along its length, seasonal ice, the presence of a cold intermediate layer, shallow depths, and high biological productivity and diversity. The distinct qualities of the physical and biological components of the Gulf combine to create its unique environment. This environment also governs how humans settle and use the resources within it. As a result, a wide variety of human activities occur within and adjacent to the Gulf of St. Lawrence. Many depend on its resources for their livelihood.

The human environment of the Gulf is also unique. It is surrounded by five provinces of which populations are composed of Anglophones and Francophones and many First Nations, which create a wide array of culturally and socially distinct settlements.

2.1. Physical systems

Oceanography is a branch of science concerned with the physical and biological properties of the sea. In this section, we look first at the physical systems of the coastal and offshore waters of the Gulf of St. Lawrence. Physical systems include the physical oceanography, water properties, the sound environment and geographic system components.

2.1.1. Physical oceanography

The Gulf is a very special marine environment from an oceanographic viewpoint because:

- It is isolated from the North Atlantic;
- It receives large amounts of freshwater drainage from Great Lakes and the St. Lawrence Basin;
- It is ice covered in winter;
- It has a combination of numerous shallow areas and deep trouths.

The Gulf is a semi-enclosed sea, opened to the Atlantic Ocean through the Cabot Strait and the Strait of Belle Isle. The Laurentian Channel is a long, continuous trough over 300 metres deep that runs 1,500 kilometres from the continental shelf in the Atlantic Ocean to where it ends abruptly in the St. Lawrence Estuary at the mouth of the Saguenay River near Quebec City. This trough brings deep oceanic waters to the estuary. There are two secondary troughs (Esquiman and Anticosti channels), and plateaus such as the Magdalen Shallows, which cover the southern part of the Gulf. The Gulf's submarine topography (i.e. its bottom) is considered complex, and strongly affects how water circulates. Circulation in the Gulf is generally counter-clockwise.

"Atlas of the Marine Environment and Seabed Geology of the Gulf of St. Lawrence". Geological compilation by Heiner Josenhans, digital compilation by Lisa Peitso and Robin Harvey. Geological Survey of Canada report, 2004.

1.1. Why is the Gulf of St. Lawrence unique?

The Gulf of St. Lawrence is similar to an inland sea with a distinct ecosystem, characterized by partial isolation from the North Atlantic, freshwater runoff from the land, a deep trough running along its length, seasonal ice, the presence of a cold intermediate layer, shallow depths, and high biological productivity and diversity. The distinct qualities of the physical and biological components of the Gulf combine to create its unique environment. This environment also governs how humans settle and use the resources within it. As a result, a wide variety of human activities occur within and adjacent to the Gulf of St. Lawrence. Many depend on its resources for their livelihood.

The human environment of the Gulf is also unique. It is surrounded by five provinces of which populations are composed of Anglophones and Francophones and many First Nations, which create a wide array of culturally and socially distinct settlements.

2. Overview of the Ecosystem

2.1. Physical systems

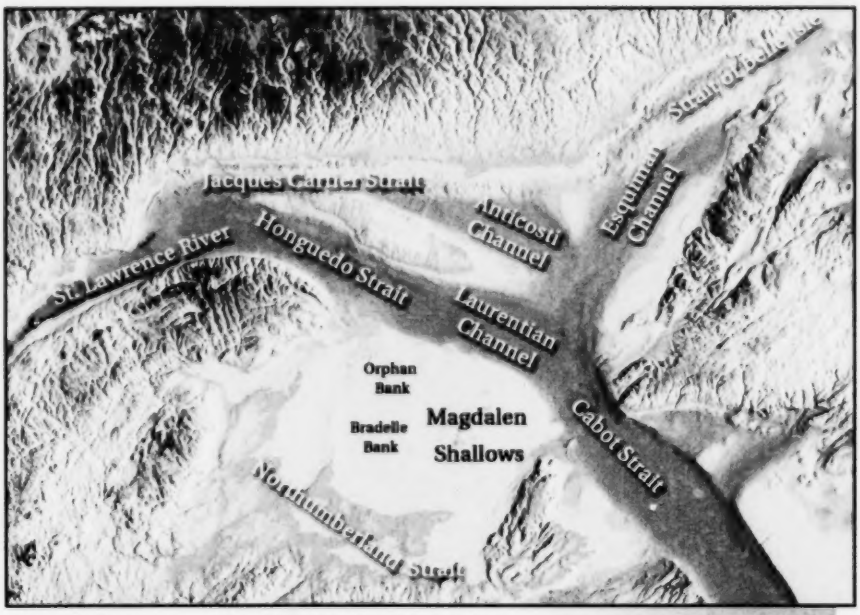
Oceanography is a branch of science concerned with the physical and biological properties of the sea. In this section, we look first at the physical systems of the coastal and offshore waters of the Gulf of St. Lawrence. Physical systems include the physical oceanography, water properties, the sound environment and geographic system components.

2.1.1. Physical oceanography

The Gulf is a very special marine environment from an oceanographic viewpoint because:

- It is isolated from the North Atlantic;
- It receives large amounts of freshwater drainage from Great Lakes and the St. Lawrence Basin;
- It is ice covered in winter;
- It has a combination of numerous shallow areas and deep trouths.

The Gulf is a semi-enclosed sea, opened to the Atlantic Ocean through the Cabot Strait and the Strait of Belle Isle. The Laurentian Channel is a long, continuous trough over 300 metres deep that runs 1,500 kilometres from the continental shelf in the Atlantic Ocean to where it ends abruptly in the St. Lawrence Estuary at the mouth of the Saguenay River near Quebec City. This trough brings deep oceanic waters to the estuary. There are two secondary troughs (Esquiman and Anticosti channels), and plateaus such as the Magdalen Shallows, which cover the southern part of the Gulf. The Gulf's submarine topography (i.e. its bottom) is considered complex, and strongly affects how water circulates. Circulation in the Gulf is generally counter-clockwise.



"Atlas of the Marine Environment and Seabed Geology of the Gulf of St. Lawrence" Geological compilation by Heiner Josenhans, digital compilation by Lisa Peitso and Robin Harvey. Geological Survey of Canada report, 2004.

Here is a simplistic way to visualize how water enters and moves through the Gulf. Through the influences of tides and currents, cold, dense water flows from the arctic via the Labrador current and enters the Gulf through the Strait of Belle Isle. Atlantic waters of the Gulf Stream enter through the Cabot Strait in the Laurentian Channel, usually at depths of around 200 metres. Each spring, the increased freshwater flows into the Gulf from the St. Lawrence River, the Saguenay River and other rivers along the shores, producing a low-salinity, higher-temperature surface layer of water that begins to flow toward the Atlantic Ocean.

ESC_large_ISS006_ISS006-E-28906.JPG
Image courtesy of the Image Science & Analysis Laboratory, NASA Johnson Space Center. http://eol.jsc.nasa.gov

Freshwater runoff, which also increases in the fall, drives circulation in the Gulf, and makes it similar to an estuary (i.e. the mouth of a river where fresh and salt water meet).

As winter approaches, the surface layer moving towards the Atlantic becomes less buoyant (through a number of factors such as cooling, sea-ice formation and reduced runoff), and moves downward. This surface winter layer will be between 100 and 150 metres deep by the end of March, and in spring, will be trapped below a new summer surface layer. It will then be known as the Cold Intermediate Layer, a major characteristic of the Gulf.

The atmosphere also impacts on the formation and circulation of the water masses (an individual water mass is defined mainly by its temperature and salt content). For example, winds move across the surface waters which results in a transfer of heat across the lower atmospheric layer. This impacts air temperature, which is the major predictor for sea ice. Cloud cover is the main factor controlling year-to-year variations in spring warming and, in the summer, the temperature of the surface layer. Evaporation and precipitation (rain and snow) can change the surface salinity (i.e. salt content).

Vertical mixing (i.e. mixing up and down, between layers of different densities) is the most important process affecting water masses. A water mass can stay in the Gulf for a few months near the surface and up to a few years in the colder, bottom waters. The circulation and mixing of these water masses is considered a key factor determining the physical habitats for marine life, and affecting the productivity and biodiversity.

Another major characteristic of the Gulf's physical oceanography is that it freezes over every year. There is a lot of variation in the year-to-year freeze-up and break-up dates, the maximum extent of sea-ice cover and its mean or average thickness. It is important to be able to forecast sea ice in the Gulf, because ice limits both biological activities and human activities such as fishing and navigation. Global climate change models suggest that the Gulf may become ice free in less than half a century, although not all research supports this thesis.

Sea level variations are very important for people living in coastal environments. Impacts on the coastal zone associated with sea level rise and storm surges include coastal erosion, localized flooding, dune erosion/breaching and possible changes to navigation. The sea level is determined by a number of factors such as: tides, storm surges and

continental shelf waves, and longer-term impacts such as climate change. Storm surges linked to pressure in the atmosphere coupled with shelf waves can cause a rise in the sea level of between 10 and 50 centimetres above predicted levels. Coupled with tidal changes, this may create flood conditions over shorelines of the southern Gulf, the North Shore and the Estuary including the upstream region near Québec City.

Scientific research over the years has greatly increased our understanding of the physical oceanography of the Gulf. information is often collected by ships or fishing vessels. New satellite technologies now provide data on sea ice, surface waves, sea level heights and salinity. Coastal radar systems can provide detailed measurements of surface currents, and numeric models have been developed to forecast ice conditions.

2.1.2. Water properties

The main properties of seawater in the Gulf include suspended particulate matter, nutrients, oxygen, organic carbon and contaminants.

Physical systems strongly affect water properties by forcing them up or down in the water column, slowing down or speeding up, warming or cooling depending on the depth, and vertically mixing, all of which in turn, influences the productivity and biodiversity of fish and marine life in the Gulf.

Suspended particulate matter

Suspended particulate matter is minute organic or inorganic solid material that is found in the water column. It can include soils and suspended bottom sediments, decaying plant materials and plankton. Organic suspended particulate matter is a food source for organisms such as zooplankton and bottom filter-feeders (such as molluscs) although it can also carry contaminants into estuaries and the sea.

Heavy suspended particulate matter concentrations cause turbidity (i.e. make the waters murky), reducing light penetration and affecting primary production. They can also interfere with monitoring tools, such as satellite imagery, that are used for assessing the surface phytoplankton biomass.

Suspended particulate matter concentrations can be increased by human activities such as dredging, construction, agriculture and forestry. Its natural distribution patterns can also be influenced by events such as oil spills.

In general, there is good information on the distribution, composition and behaviour of suspended particulate matter in the Laurentian Channel and the Estuary, although less so for the Gulf as a whole. Current research is directed towards the organic portion of suspended particulate matter rather than total suspended particles.

Nutrients

The major nutrients found in seawater are nitrates, phosphates and silicate. Nitrate is the most abundant of the nitrogen-containing species although nitrite, ammonia and organic compounds also contribute to biological activity. Nutrient levels in the bottom waters of the Gulf are considerably richer than nutrient levels found at similar depths in the North Atlantic. This is because of the general circulation pattern in the Gulf and the way materials degrade and "recycle" in deeper waters. The northern and eastern regions of the Gulf have higher nutrient concentrations than the southern Gulf.

Nutrients are important to primary production. If they are limited in surface waters, productivity is also limited. A number of natural mechanisms are known to force nutrients upwards into shallow, surface water. In the Estuary,

for example, the most important mechanisms are the intense tidally-induced mixing between freshwater and saltwater and upwelling at the head of the Laurentian Channel also known as the "nutrient pump".

On the other hand, too many nutrients – "heavy nutrient loading" – can present a risk to the environment. A major source of nutrients is sewage and agricultural run-off from shorelines along the St. Lawrence River and the Gulf.

Oxygen

Oxygen is another very important property of seawater. Preliminary research suggests that oxygen levels in the bottom waters of the lower St. Lawrence Estuary were twice as high in the 1930s as they were in the 1990s. This observation has been recently extended downstream of the channel, up to the Anticosti Island area. This may be partly explained by an increase in nitrogen levels combined with an increase in organic matter that has settled on the bottom (causing a smothering effect). Oxygen deficiency in seawater can limit the distribution of certain organisms (e.g. cod and other benthos as it was recently observed) in the Gulf. Another explanation could be related to the water properties of continental slope water coming into the Laurentian Channel. These waters are relatively warmer and thus have lower oxygen content.

Carbon

Carbon is the major chemical ingredient of most organic matter: about 50% of the dry weight of living organisms is carbon. That is why carbon can tell us a lot about life, ecosystems and how they function.

Carbon is also a component of carbon dioxide (CO_2), which is a major greenhouse gas. Carbon dioxide is introduced to the atmosphere from both natural and human origins. Natural CO_2 sources include volcanism, respiration, decomposition, erosion, combustion and evaporation. Human CO_2 sources include combustion (particularly fossil fuel burning and land clearing); industrial production processes (smokestacks) and cement production (heating limestone). The concentration of carbon dioxide in the atmosphere has already increased by about 30% since the middle of the 19th century, and the result has been higher air temperatures and higher sea levels.

The ocean carbon cycle – which refers to how organic carbon is produced and transported between water levels throughout the Gulf – is believed to play a key role in controlling atmospheric carbon dioxide levels. That is why it is important to increase our understanding of these processes. Information on the geographical distribution of organic carbon components in the Gulf is still relatively limited.

Contaminants

Contaminants are chemical compounds that are not normally found in nature, that are produced by humans and that end up in the natural environment. Contaminants present in the environment include inorganic products such as heavy metals and organic compounds such as pesticides and other organochlorines (PCBs and DDT being the best known). These contaminants can have major negative effects on the cells and tissues of individuals, populations and even entire communities. The effects are often related to the length of time an organism is exposed to the contaminants. Coastal areas and estuaries are particularly susceptible to contaminant release because of the length of time waters remain there.

Primary sources of contaminants include untreated urban and industrial waste and activities such as intensive farming and forestry. Rivers, mainly the St. Lawrence and Saguenay Rivers, distribute contaminants far from their origins. Contaminants act much like suspended particulate matter, in the way they are transported, and settle into the ocean bottom.

There is still relatively little data available on the presence of contaminants in the water column, sediments or organisms at lower feeding levels in the Gulf. The available knowledge reveals widespread contamination by a number of chemical products in the waters and sediment of the Estuary and Gulf, with contamination levels highest close to probable sources (i.e. industrial plants). The most abundant contaminants appear to be PCBs and other organochlorine pesticides because they do not easily biodegrade.

It is interesting that although the production and use of most of these compounds has been prohibited for several decades they are still present in every part of the Gulf ecosystem and it appears they will be present for a long time. It should be noted as well that new contaminants are regularly introduced into the ecosystem. An example is a chemical used as a flame retardant in clothing, levels of which are now being found in the blubber of beluga whales in the St. Lawrence River. Such new contaminants are added to the mixture of contaminants already present, and may aggravate the situation of animals that remain for long periods in the Gulf (such as belugas, seals and other marine mammals).

2.1.3. Sound environment

The sound environment is another important part of the physical systems of the Gulf. Sound is obviously a natural part of life in the Gulf. Earth vibrations, the cracking and breaking of ice, waves, storms and wind all contribute to ambient or background noise. Marine mammals, fish and other organisms produce sound when they communicate, feed, and swim. The lack of data, however, makes it difficult to estimate the overall acoustic contribution of fish and marine life to the total sound enviroment.

Human activity also produces a lot of sound. Some major sources include seismic exploration, marine traffic, marine and coastal construction, sonar, military activity and airplanes. The growth of commercial marine traffic in the Gulf is of particular concern. Container ships and supertankers can make considerable noise. There has been a significant increase in recreational vessel traffic and in commercial whale-watching activities in some parts of the Gulf.

Seismic surveys, which use air guns, explosive charges and sparkers to explore for oil and gas, are also a major contributor to noise levels. Although oil companies are required by law to obtain permits for seismic surveys, information on the sound levels resulting from their activities is still limited. Another major contributor to noise levels is explosive charges used during construction.

Intense noise can lead to physical damage and behavioural changes in marine animals. Injuries can be lethal or sub-lethal, permanent or temporary, and can be inflicted instantly or as a result of accumulated effects. Sound effects on marine life are complex, and vary from one species to another. The same sound (at the same frequency and intensity) may cause permanent damage to one species of fish and be harmless to another. Data on the impact of noise on fish and other marine animals is relatively limited, although some effects of noise on marine mammals (such as whales) have been well documented. These include:

- Mammals may avoid some noisy areas;
- On the other hand, they may be attracted to sound (putting themselves in danger of collision with seismic or other vessels);
- Noise levels may alter migratory patterns;
- Noise may cause temporary or permanent injury of hearing;
- Noise may have secondary negative effects on food sources and habitat;
- Whales may surface from deep waters very quickly due to being frightened by seismic or sonar bursts, and not be able to decompress adequately – causing death.

The long-term impacts of increasing noises in the Gulf could lead to changes in feeding and migratory patterns of marine animals, which in turn could affect the balance of the ecosystem.

2.1.4. Geological components

Geological components include glaciations, post-glacial variations in sea levels and coastal landscapes. In this context, we also look at potential resources that might be found in bedrock and sediments, and some potential risks, both natural and human-caused.

Geological features are important. They are an essential component of marine and wildlife habitats. They influence the circulation, mixing and characteristics of water masses in the Gulf, which, in turn, creates the habitats.

Geological features also allow for many human activities, from resource exploitation and land use development to the prevention and mitigation measures of hazards such as coastal erosion, submarine landslides and earthquakes.

Bedrock formations

The waters of the Estuary and the Gulf flow over rocks that are millions of years old and that straddle three major geological regions: the Canadian Shield in the northwest, the St. Lawrence Platform bordering the Shield and the Appalachians in the southeast. These basement rocks are many kilometres deep, and lie exposed on the sea floor or are covered by sediments whose thickness can vary from a few to hundreds of meters.

Glaciations and Icebergs

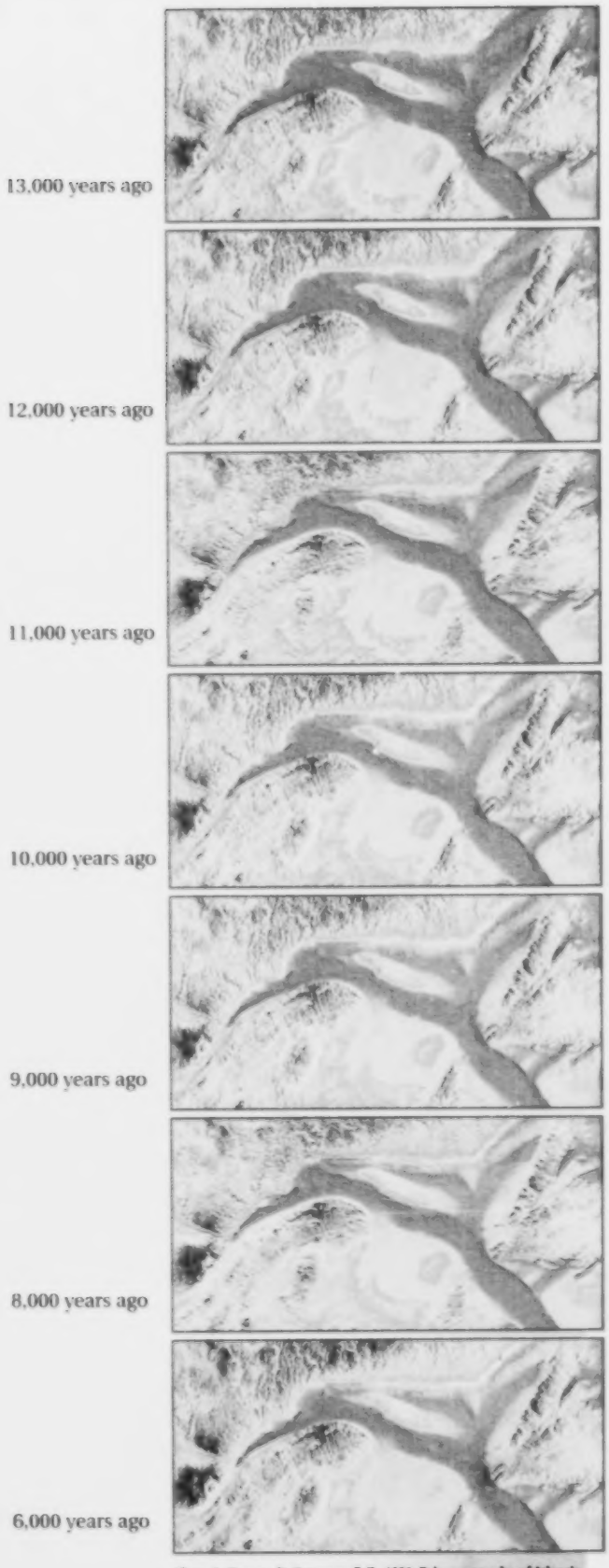
Since their formation, these bedrocks have undergone a variety of transformations, including those caused by alternating glacial and interglacial periods. Geologists generally speak of four major glaciations in the centre of North America in the past two million years, with each glacial period followed by an interglacial period of mild climatic conditions. The impact each time was to remodel the St. Lawrence landscape through erosion and sediment deposits.

In Canada, the last of these glacial periods, the Wisconsin glacier, is the most well known because it covered and remodeled most traces of preceding glaciers. The Wisconsin glacier had a major impact on the landscape of the Gulf – both on land and underwater. For example, a large part of the sediments covering the seafloor were brought there during the Wisconsin glacial period.

We are now living in an interglacial or postglacial period and the mean temperature on the planet's surface as well as average sea levels world-wide are both rising. The trend in the St. Lawrence Estuary is not clear although evidence suggests that sea levels at many areas on both shores of the St. Lawrence are slowly rising. The surface of marine sediments in the Gulf shows evidence of a variety of distinct phenomenon.

Some effects of natural phenomenon are present, for example, the impact of icebergs that have scoured and reworked the sediments on the marine bottom, and modified their properties. Icebergs entering the Gulf continue to scour the Strait of Belle Isle seafloor to at least 80 metres. Iceberg scours from the last ice age 14,000 years ago are still evident in the Laurentian Channel and some parts of the Gulf.

Some human activities have also had long-term scouring effects. For example, scours of different sizes and depth resulting from fishing trawls and scallop dredges have been observed in almost every corner of the Gulf shallower than 165 meters deep.



Shaw, J., Gareau, P., Courtney, R.C., 2002. **Paleogeography of Atlantic** Canada 13–0 ka. Quaternary Science Reviews 21, 1863–1880.

Non-living resources

The bedrock and sediments of the Gulf contain a lot of resources, from non-fuel minerals such as sand and gravel, siliceous sands and heavy minerals (i.e. gold, iron and titanium) to fossil fuels such as coal, oil, gas and gas hydrates. It seems that there may be areas of potential interest for oil and gas exploration located in Newfoundland and Labrador and offshore from the Gaspé Peninsula in Québec. In eastern Canada, there are some early examples of the exploitation of non-fuel minerals such as when seawater was evaporated to produce sodium chloride (salt), or siliceous sands were mined from beaches in the Gulf (an activity now prohibited by law).

The marine non-fuel minerals of the east coast of Canada have not been exploited much, however, mainly because of the abundance of minerals on land and the distance from markets and transportation systems as well as knowledge gaps about the marine resource potential.

Coastal landscapes

A final important feature of the geology of the Gulf is its coastal landscapes. The wide variety of coastlines reflects the geology of the environment, the impacts of glaciers and post-glacial periods, and current natural processes. The coastlines of the Gulf are very diverse, from the high cliffs and rocky shores found along the North Shore of Québec and some parts of Newfoundland and Labrador to the gently folded rocks, characterized by barrier islands and sand bars, and backed by low coastal plains, found in some parts of Prince Edward Island, Nova Scotia and New Brunswick, to areas where the predominant coastal feature is a marsh.

The nature of the coastline, as well as the geological structure overall, determines how a particular area will react to natural phenomenon such as earthquakes or landslides (both on land and under water). Coastal erosion is a natural phenomenon although human activity, especially activity that causes global warming, is speeding it up in some areas.

Scientists are now working on developing models that might measure and evaluate the risks that coastal populations and infrastructure might be subject to, from both natural and human activities.

2.2. Biological systems

This section presents an overview of biological systems of the coastal and offshore waters of the Gulf of St. Lawrence. There are seven major biological components: macrophytes, plankton, invertebrates, reptiles, fish, marine birds and marine mammals. Each component is briefly described with its nutrient and dietary needs, its habitat and distribution, when available. Key ecosystem issues are also described.

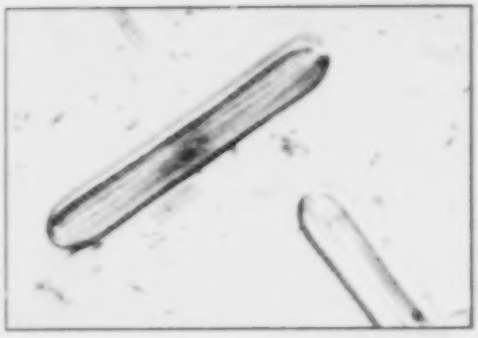
2.2.1. Macrophytes

There are two categories of macrophytes: macro-algae (plants with no root system) and vascular plants (seagrasses with a root system). Both play a very important role in the marine environment.

Macro-algae populations create "multi-dimensional" spaces that serve as a landing area for millions of invertebrates that drift in the water column during the reproduction cycle. Macro-algae shelter a high abundance of marine animals, increase habitat complexity, and encourage biodiversity. They support a diversified microfauna and microflora, protect a large number of species from predators, filter light and provide shade, and are an important food source for many organisms (e.g. sea urchins and periwinkles).

The distribution of algae is affected by environmental conditions such as temperature, salinity, nutrients, depth, substrate composition, light, waves, currents and ice. In the Gulf, there are 21 commonly known brown algae species (e.g. kelp), 16 commonly known green algae species (e.g. sea lettuce) and 25 commonly known red algae species (e.g. Irish moss).

Key ecosystem issues – Macrophytes
- Fragility of eelgrass beds;
- Introduced/invasive species (e.g. oyster thief);
- Habitat loss;
- Pollution.



Seagrasses also have a tremendous influence on the environment. Because they have a root system, they increase sedimentation, and prevent erosion. This affects the shape and stability of the coastline. Seagrasses enhance water quality, serve as a refuge and food source for a large number of species, and impact biological interactions because they are a source of fixed carbon. In the Gulf, these plants are found mainly in saltwater marshes, salt meadows and eelgrass beds. Main species include the three-square bulrush, smooth cordgrass and eelgrass. There is a very limited harvest of macrophytes in the Gulf.

2.2.2. Plankton

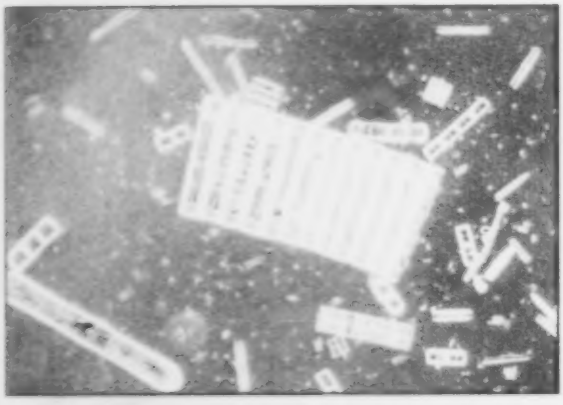
Plankton are classified in a number of ways:
- By size – from the micrometre scale of bacteria (the bacterioplankton) and diatoms, to small crustaceans such as copepods that are one to two millimetres in length (the microplankton), to krill, ctenophores and jellyfish that may be many centimetres in length (the macroplankton);
- Those that are capable of photosynthesis (i.e. able to use sunlight to produce nutrients from carbon dioxide and water), such as the phytoplankton (diatoms and dinoflagellates) versus those that are not, such as the zooplankton (animals that feed on plants and bacteria);
- Those that spend their whole life as plankton (the holoplankton) versus those for which the planktonic phase is only the early stage of their life cycle (the meroplankton, for example, fish larvae, ichthyoplankton);
- Those that associate themselves mostly with the air-water interface (the neustonic or pleustonic community), and those that associate themselves with the ice-water interface (the epontic community).

Plankton is an essential foundation of the food chain or web. A linear way to think of the food chain is this: the phytoplankton are grazed upon by the zooplankton which, in turn, are eaten by larger nekton (i.e. swimming animals such as fish or squid) and, in some circumstances, where there is a lot of up-and-down mixing in the water column, by the benthic community.

Variations in temperature, nutrient concentrations, turbidity and light penetration can all have major impacts on plankton populations.

Plankton organisms have limited swimming ability; their movements are mainly determined by water circulation. Scientists believe that there are four distinct food webs in the Gulf: 1) the region west of Anticosti Island along the Québec shore; 2) the Gaspé current flowing along the north shore of the Gaspé peninsula, south of Anticosti Island; 3) the southern Gulf region, including the Northumberland Strait, Bay of Chaleur and Magdalen Shallows; and 4) the northeastern Gulf. The southern Gulf (region 3) is particularly rich and productive in plankton.

Key ecosystem issues – Plankton
- Pollution;
- Aquaculture;
- Introduced/invasive species;
- Water management and impoundments;
- Effects of climate change.



2.2.3. Benthic community

The benthic community refers to a wide variety of organisms that live at the bottom of water bodies. There are probably more than 3,000 species living in the Gulf, from those that are commercially valuable (such as crab and lobster) to invertebrates and micro-organisms of many forms with little or no commercial value but with significant ecological importance.

The benthic community is more diverse and more abundant than other marine communities, mainly because of the diversity of habitat types. The main classifications include:
- Macrobenthos, including crustaceans (lobster, snow crab, shrimp), molluscs (oysters, mussels, snails) and echinoderms (starfish, sand dollar). The first two groupings are well known for their economic value;
- Other benthic macro-invertebrates, such as annelids (marine worms), sponges and cnidarians (corals, anemones), ascidians (tunicates like the clubbed tunicate, an invasive species), and small orders of animals (flat worms);
- Microfauna and meiofauna, including microcrustaceans (opossum shrimp, barnacles) which play an important role in nutrient recycling, through feeding on decaying wastes of other species. Algae, protozoa and bacteria are also an important part of the benthic community.

The World Conservation Union rates habitat loss as the single most important factor leading to species extinction and loss of diversity. There are no data available to confirm or refute whether any benthic species native to the Gulf are threatened with extinction.

Key ecosystem issues – Benthic community
- Invasive species;
- Loss of benthic habitat;
- Impact of land-based activities (sewage, agricultural runoff).

While coastal communities are well described and areas of the marine environment such as the Magdalen Shallows and Estuary have been well-studied, other parts of the Gulf such as the Laurentian, Esquiman and Anticosti Channels are less well-known. It is important to understand benthic communities in order to know when they are being threatened by human activities such as aquaculture, coastal infilling for land development, sewage and agricultural runoff.

2.2.4. Reptiles

The Leatherback turtle is the only reptile whose range extends into the Gulf. It is a highly migratory species and, in Canada, is also observed regularly along the continental shelf. Scientists think that the main reason the Leatherback turtle migrates into Atlantic Canadian waters in the summer, including into the Gulf, is because of the abundance of jellyfish, its main food source. The Leatherback turtle is listed as endangered by the Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada (COSEWIC) and is a listed species under the *Species at Risk Act*.

2.2.5. Fish

The fish community in the marine waters of the Gulf is notable for the large number of species that are either at the northern or southern edge of their distributional range. An example of a species at the southern end of its normal range is the Greenland cod; an example of species at the northern end of their usual range include yellowtail flounder and monkfish. The explanation for this wide range of some species is the variety of weather conditions in the Gulf itself – the presence of cold water conditions combined with ice coverage in winter and warm water conditions in summer. The Gulf fish community is also notable for its high productivity. Average groundfish densities in the southern Gulf are among the highest in Atlantic Canada. Close to 20 species of marine fish are exploited commercially or have been the focus of experimental fisheries.

Marine fish species in the Gulf fall into two broad categories, based on their position in the water column: groundfish and pelagic fish. Groundfish, as the name suggests, tend to live closer to the bottom; commercial species of these "bottom feeders" include Atlantic cod, redfish, American plaice, white hake, Greenland halibut and witch flounder. More than two-thirds of the marine fish species in the Gulf are groundfish. Geographic distribution is not uniform, however. It is influenced by temperature, depth and physical and biological aspects of the habitat. The second category is pelagic fish, which live and feed closer to the water surface. Examples include Atlantic herring, Atlantic mackerel, capelin, bluefin tuna and sharks.

The Gulf is divided into two zones: the southern Gulf, dominated by the Magdalen Shallows, and the northern Gulf. A high productivity area in summer, the Magdalen Shallows contain important spawning, nursery and adult feeding grounds for large biomasses of both groundfish and pelagic fish (e.g. cod and herring). The western Magdalen Shallows are the principle spawning grounds for both the southern Gulf cod population and the northern stock component of mackerel in the northwest Atlantic.

In the northern Gulf, shallow shelf areas along the west coast of Newfoundland and Labrador and the Québec North Shore are important summer feeding grounds and nursery areas for both groundfish and pelagic fish. The warm deep waters of the channels that dominate the northern Gulf are feeding, spawning and nursery grounds for a number of deepwater and slope species (e.g. species that move up the slopes to feed in somewhat shallower water in summer, such as redfish and witch flounder).

These deep channels also function as overwintering grounds for the adults of many of the large-bodied fishes whose spawning, nursery and/or feeding grounds occur in shallower shelf waters (e.g. cod, herring, plaice, white hake and thorny skate).

Several fish communities in the Gulf have experienced severe changes in their relative abundance, the most dramatic being cod and redfish stocks during the 1990s when a moratorium on fishing was put in place. In 2004, there was concern over the status of three species of wolffish and two populations of cod, all of which have faced notable decreases in their numbers.

Key ecosystem issues – Fish
- Overfishing (directed and bycatch);
- Predation;
- Natural and fishing-induced changes to habitats and the ecosystem;
- Environmental changes.

The northern wolffish and the spotted wolffish are listed as threatened species on Schedule 1 of the *Species at Risk Act* (SARA). The Atlantic wolffish was designated as being "of special concern" by the Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada (COSEWIC) in 2000, and is listed on Schedule 1 of SARA. Two populations of cod were assessed by COSEWIC in May 2003; one is designated as threatened (Laurentian North population) and the other as special concern (Maritime population).

2.2.6. Marine birds

There are four groups of marine birds that depend on the resources of the Gulf coast and sea to survive. These include:
- Inshore birds – These feed in inshore habitats where food is found on or near the bottom of shallow water, and will normally return to land to spend the night. Examples include cormorants, gulls and terns;
- Offshore or pelagic birds – These spend long periods of time at sea, which provides them with all or most of their food requirements. They are independent of land for both feeding and resting, but return to land for breeding, usually on rocky cliffs and islands. Examples are petrels and auks. Together, inshore and offshore birds are also called seabirds. There are approximately 18 different species of breeding seabirds in the Gulf;
- Waterfowl – There are also approximately 18 different waterfowl species found in the Gulf, such as eiders and scoters;
- Shorebirds – The majority of shorebirds are present only for a short time (mostly July to September) during their migration from the Arctic to their wintering grounds in South America. They stop to feed off mud flats, a crucial food source during their long trek. The Gulf is second in importance, after the Bay of Fundy, for the number of shorebirds using its shores as a refueling station. Some species of shorebirds will also breed in the Gulf.

Marine birds play an important role in the ecosystem of the Gulf. Along with marine mammals and large fish, seabirds are considered in the upper ranks of the food chain. They consume an estimated 80,000 tonnes of marine prey every year. Research suggests that human exploitation of marine resources in the Gulf may have resulted in important changes in the seabird community. Overall, in the last 20 years, offshore birds and diving species have been increasing considerably, whereas inshore birds and surface-feeders have declined.

2.2.7. Marine mammals

Marine mammals in the Gulf and estuary include whales and seals. There are five different species of baleen whales in the Gulf: fin, minke, blue, humpback and the northern right whale. There are eight species of toothed whales: beluga, long-finned pilot whale, white-sided dolphin, white-beaked dolphin, harbour porpoise, northern bottlenose, killer and sperm whales.

The toothed whales are carnivorous; they eat fish, cephalopods (squid) and crustaceans (shrimp). Forage species such as krill and capelin are a major food source for baleen whales. Some species (e.g. blue whale) feed almost exclusively on krill while other species, in addition to krill, also eat copepods, molluscs and small fish.

The St. Lawrence Estuary is one of the main feeding grounds for certain North Atlantic whale populations (although the beluga whale is the only year-round resident). Important feeding habitats are found at the head of the Laurentian Channel, in the Cape Breton Trough near Cheticamp on Cape Breton Island, in the Strait of Belle Isle, southeast Prince Edward Island and the Magdalen Islands. Whales use the Cabot Strait off Cape Breton to migrate in and out of the Gulf.

COSEWIC has designated some whales as endangered (North Atlantic right whale, blue whale), some as threatened (St. Lawrence beluga) and some as species of concern (fin whale, harbour porpoise).

Key ecosystem issues – Whales
- Contamination;
- Ship collisions;
- Habitat modification;
- Accidental entanglements in fishing gear;
- Competition for food resources;
- Disturbances, noise.

Four species of seals are common to the Gulf, including harp and hooded seals (which are migratory species) and harbour and grey seals (which are year-round residents). In the Estuary, only harbour seals are year-round residents. Ringed and bearded seals are also occasional visitors to the northern parts of the Gulf.

Over the past 50 years, a reduction in harvesting activity has allowed many seal populations to increase. Hunting of the hooded and harbour seal populations is now prohibited. There is still an important harp seal hunt in the Gulf, and a small number of grey seals are also captured each year.

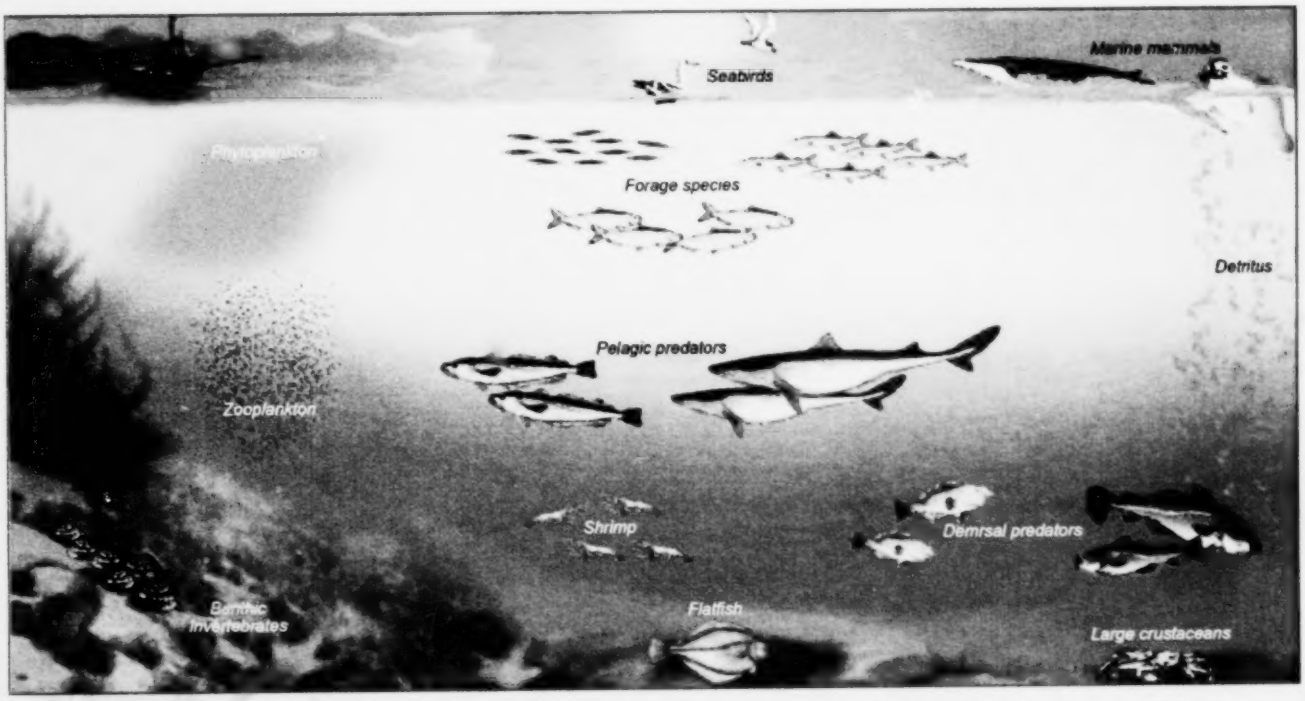
There are a lot of knowledge gaps about seals. Information is generally available on the harp seal population, for example, but knowledge about the harbour seal population size and seasonal movements across the Gulf is non-existent, and information on hooded and grey seals is out-of-date. Information on grey seal diet is, in general, adequate; however, hooded and harbour seal diet information is limited to non-existent. Limited knowledge is also available on the effects of contaminants on reproductive capacity and the immune system, and on the impact of coastal and vehicle activity on the seal population.

No seals in the Gulf have been designated as of special concern by COSEWIC, although harbour seal populations of the St. Lawrence Estuary are believed to be at risk.

2.3. How the Gulf of St. Lawrence ecosystem works

In the previous two sections, we described the physical and the biological components of the Gulf of St. Lawrence ecosystem. In this section, we provide an overview of how these components interact to make the Gulf the unique environment that it is. This section draws links between the physical processes and the biological response to these processes. It is important to keep in mind that this is a generalized description of very complex oceanographic and biological processes.

The Gulf is a three-dimensional world where the habitats or niches of the living organisms are defined by the geology, the current patterns and the up-wellings along with temperature and salinity. Many species will seek warmer areas for the winter, where the water masses keep them in one place with little effort or where there is a food supply. Then during spawning season, they may migrate long distances to other areas where primary productivity is high, where their larval young can use the circulation patterns to stay near food, and where they will have a high chance of survival.



Biological interactions

The main groups and species found in the waters of the Gulf are: phytoplankton, zooplankton, invertebrates, forage fish, large ichthyophagous (fish feeding) fish species, birds and marine mammals. At the base of any marine ecosystem there is the phytoplankton. Benthic invertebrates feed on them when they fall to the bottom but zooplankton is almost its only predator. Zooplankton in turn is consumed by small forage fish species, e.g. capelin, sand lance, herring and mackerel. Forage species play a key role in transferring energy from secondary producers (zooplankton) towards fish and other higher trophic levels. Large ichtyhyphagous fish species (pelagic and groundfish) include cod, redfish and flatfish. Overall, cetaceans, seals, cod and redfish are the main predators of forage species. Marine birds also feed on them. The benthic community of invertebrates mostly made up of shellfish, molluscs, echinoderms (sea urchins) and worms and includes species such as the northern shrimp and snow crab has an important role in the transfer of energy but is poorly understood. Marine mammals (seals and whales) form an unavoidable component in the trophic links in the Gulf. They are at the top of the food web.

2.3. How the Gulf of St. Lawrence ecosystem works

In the previous two sections, we described the physical and the biological components of the Gulf of St. Lawrence ecosystem. In this section, we provide an overview of how these components interact to make the Gulf the unique environment that it is. This section draws links between the physical processes and the biological response to these processes. It is important to keep in mind that this is a generalized description of very complex oceanographic and biological processes.

The Gulf is a three-dimensional world where the habitats or niches of the living organisms are defined by the geology, the current patterns and the up-wellings along with temperature and salinity. Many species will seek warmer areas for the winter, where the water masses keep them in one place with little effort or where there is a food supply. Then during spawning season, they may migrate long distances to other areas where primary productivity is high, where their larval young can use the circulation patterns to stay near food, and where they will have a high chance of survival.

Biological interactions

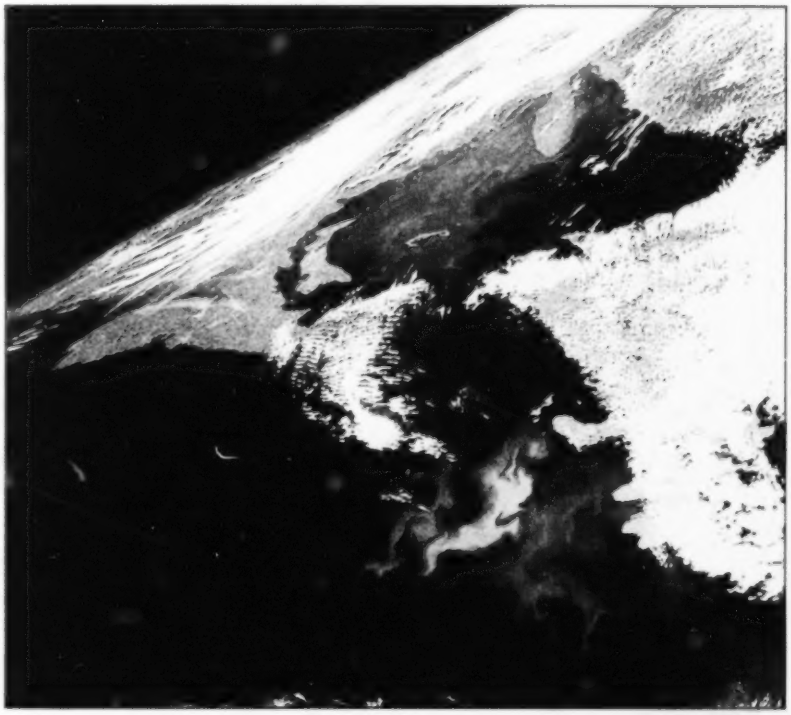
The main groups and species found in the waters of the Gulf are: phytoplankton, zooplankton, invertebrates, forage fish, large ichthyophagous (fish feeding) fish species, birds and marine mammals. At the base of any marine ecosystem there is the phytoplankton. Benthic invertebrates feed on them when they fall to the bottom but zooplankton is almost its only predator. Zooplankton in turn is consumed by small forage fish species, e.g. capelin, sand lance, herring and mackerel. Forage species play a key role in transferring energy from secondary producers (zooplankton) towards fish and other higher trophic levels. Large ichtyhyphagous fish species (pelagic and groundfish) include cod, redfish and flatfish. Overall, cetaceans, seals, cod and redfish are the main predators of forage species. Marine birds also feed on them. The benthic community of invertebrates mostly made up of shellfish, molluscs, echinoderms (sea urchins) and worms and includes species such as the northern shrimp and snow crab has an important role in the transfer of energy but is poorly understood. Marine mammals (seals and whales) form an unavoidable component in the trophic links in the Gulf. They are at the top of the food web.

Primary production is that process whereby the energy of the sun is converted by photosynthesis into plant tissue. Secondary production is the conversion of plant tissue to animal tissue through ingestion. With this in mind, it is easy to see that green plants are the base of the food web. The amount of primary production that takes place in an area generally defines its biological characteristics with respect to the abundance and types of animals present. The level of nutrients in the water controls the rate of primary production. In shallow coastal areas, you will find a wider variety of types of fish than in the open waters.

Generally in the coastal zone (areas less than 20m deep) the dominant visible primary producers are large macrophytes like kelps, Irish moss and rockweed, coralline algae, benthic diatoms, dinoflagellates, and grasses like eel grass, and marsh grass. Phytoplankton will also be present and often the warm waters and amount of nutrients present will cause algal blooms in sufficient abundance to give the water a green tint. In these areas, the types of feeders will be grazers and filter feeders.

In open waters, primary production takes place in surface waters where the sunlight is strong enough for plants to grow. Here you will find mostly filter feeders in the upper waters and larger grazers and carnivores deeper.

Primary production cycles seasonally depending on the amount of sun, nutrients and plants present. There are two general cycles in the Gulf. The first cycle takes place in well-mixed waters throughout the Gulf in the spring. The primary production in these areas is mainly large species of phytoplankton that are grazed on by herbivores (i.e. vegetarian zooplankton). This cycle creates a lot of dead material including feces that sink to the bottom, taking the nutrients with it. The other cycle develops as the surface water warms up and stratifies in the summer. The nutrients have been used up in the surface waters by the spring plankton growth, and now the small phytoplankton species dominate, and are eaten by omnivorous zooplankton (i.e. those that feed on both plants and animals). This keeps the nutrients cycling in the surface waters longer than the first cycle.



Nutrients are used up quickly by phytoplankton. Nitrogen tends to be the limiting nutrient in the marine environment (although phosphorous or silicon can also be limiting in some circumstances). Light is always a limiting factor with water depth and turbidity. Phytoplankton die or are eaten by primary consumers, which produce feces and also die, and so on, through the food web. The dead

material and feces decompose, and are covered by bacteria as they sink down in the water column and become known as marine snow. This marine snow becomes food for zooplankton and pelagic fish and, when it reaches the bottom, for benthic organisms such as filter feeding shellfish. This process takes the nutrients to the bottom.

Zooplankton and fish larvae that migrate up and down in the water column daily, feeding on the marine snow, and the release of floating eggs by groundfish species, both contribute to a biological pump, which brings high quality nutrients back to the surface. However, the main control on the nutrient supply to sunlit waters is through a physical pump that causes up-welling and vertical mixing, bringing nutrients to the surface. Because nutrients limit primary production, an area of nutrient upwelling encourages a large amount of primary production.

The first of these physical mechanisms is the estuarine pump. The freshwater flow from the St. Lawrence River provides 75% of the mean annual freshwater flow into the Gulf. The rest comes from other rivers and precipitation (i.e. rain and snow). Freshwater is lighter than salt water, and flows across the surface, sweeping salt water along with it as it leaves the Gulf through the Cabot Strait. The flow out of the Strait is at the surface and on the Nova Scotia side. The water moving out of the Gulf is replaced by salt water drawn into the Gulf along the bottom and Newfoundland and Labrador side of the Cabot Strait. This overall pattern brings a flow up the channels, which up-well as described below.

The second physical pump action is created by the tides. The tides in the Gulf move counter clockwise with the centre near the Magdalen Islands. This results in a funneling effect at the shallow ends of channels where the shorelines narrow the passage.

This brief overview sets the stage for understanding how ecologically distinct areas, especially those that have high productivity and high species biodiversity, are created in the Gulf. Because the environment is fluid, boundaries between areas are obviously not rigid; they are flexible and flow into and out of one another. In general, it is the primary physical features of an area that drive the development of its complex and diverse ecology.

To help the reader understand the ecological areas, we will follow the major current flow within the Gulf of St.Lawrence as it enters through the Cabot Strait, flows counter clockwise around the Gulf to the mouth of the St .Lawrence River then across the Magdalen Shallows, and exits through the Cabot Strait on the Nova Scotia side. The small picture box and the coloured bar provide visual guides for the accompanying figure of the Gulf and its currents.

The flow entering through the Cabot Strait turns to the right around southwestern Newfoundland and Labrador . It moves up toward the Esquiman Channel, staying to the right and rolling in a clockwise fashion. This creates a down-welling drift along the channel wall and an up-welling out in the centre of the channel. The flow is restricted as it moves into the shallower Esquiman and Anticosti Channels, causing some of the flow to turn back toward the Laurentian Channel in a counter clockwise gyre (or spiral), enhancing up-welling.

The deep flow splits between the two channels. At the head of the Esquiman Channel, the narrowing channel and rapidly rising bottom forces the flow to turn abruptly and to flow along the northwest side, with the opposing flows resulting in retention areas. The flow is very slow but the momentum causes up-welling as the water rises up over the bottom. The added nutrients result in increased productivity here, and they move into the adjacent coastal area. This is enhanced by increased tidal mixing in the critical summer months, and is typical of channel up-welling and mixing. This area is an important spawning and nursery area for deep-water species such as shrimp and an over-wintering area for several commercial species.

Some of the near surface flow exits on the Newfoundland and Labrador side of the Belle Isle Strait, but most of the flow turns back along the north shore, joining inflow through the Strait. This sharp counter clockwise turn, supported by tidal mixing, creates a dynamic and productive area that supports the important scallop area in the Strait of Belle Isle.

The flow continues southward along the north shore where it stays offshore of an area of islands, shallows and salt marshes. The circulation patterns inside this current retain the productivity for juvenile fish, which is enhanced by tidal mixing. These areas support a wide range of juvenile fish, seals and whales.

As the north shore current with its cold intermediate layer continues to move southward, it joins the northerly flow up the north side of the Anticosti Channel. As the channel narrows and becomes shallower, the water up-wells and turns counter clockwise to flow east along the north shore of Anticosti Island, forming a second channel head. The rapid decrease in depth and the narrowing of the channel funnels the tides, between the north shore and Anticosti Island, resulting in enhanced tidal levels and mixing. The whole area between Anticosti and Quebec benefits from the nutrient input and transient retention here, due to coastal currents.

The shallow current through the Jacques Cartier Strait joins with the deep flow up the Laurentian Channel to form a large counter clockwise gyre west of the island that is bounded on the south side by the freshwater flow from the St. Lawrence River. There is extensive up-welling and mixing in this area including tidal mixing which lifts the intermediate layer and deep water up over the sills at the head of the channel, resulting in high levels of mixing and in turn nutrients, even when the flow of the river is low. This is an important area for redfish spawning, shrimp and whales.

The returning deep flow from the Anticosti Channel swings wide around the eastern end of the Island before joining the main inflow up the Laurentian Channel. This flow supports clockwise flows over the shallow areas east of Anticosti Island, an area of high productivity, biodiversity and spawning area for groundfish.

The Honguedo Strait restricts the flow up the Laurentian Channel, and as with the other channel heads, there is a counter clockwise turning of the flow at depth and up-welling, making it a well mixed area frequented by whales just south of the eastern shore of Anticosti Island.

The Gaspé current, the mixture of the St. Lawrence water and the upwelling at the head of the St. Lawrence channel, creates the most productive area for both primary and secondary production along the shores south of the St. Lawrence Estuary and the Honguego Strait. These shallows and tidal flats along the shore are very productive, and are feeding grounds for many species of fish. This productivity is carried out across the Magdalen Shallows, with productivity and nutrient levels generally decreasing towards the east and south.

The coastal current continues into Chaleur Bay, although most of the current heads out towards Prince Edward Island and the Magdalen Islands. There are several clockwise gyres along the New Brunswick shore, off the mouth of Chaleur Bay and at each end of the Shediac Valley, with additional temporal gyres formed by southwest winds. These areas are very important because they concentrate surface production in a temporal retention area, which is used by many species of fish, marine mammals and birds for spawning, juvenile rearing and feeding. Because of the stability of these physical features, the area supports many fish and invertebrate adult species (herring, mackerel, cod, capelin, striped bass, lobster, scallop and crab) and their pelagic larvae. This area is well known for supporting herring and mackerel spawning grounds as well as nursery grounds for benthic invertebrates such as lobster, scallop and crab.

As the flow comes out of the south side of Chaleur Bay, and makes a sharp right-hand turn to join the coastal current moving south along the New Brunswick shore, it creates a strong clockwise circulation that is enhanced by strong tidal mixing in the area. The result is a series of productive and sensitive areas. These are highly productive areas used by mackerel, capelin, herring, cod and many other species as juvenile rearing areas.

Unfold for larger view

Legend
Main currents
Areas of upwelling
Areas of high productivity
Gyres

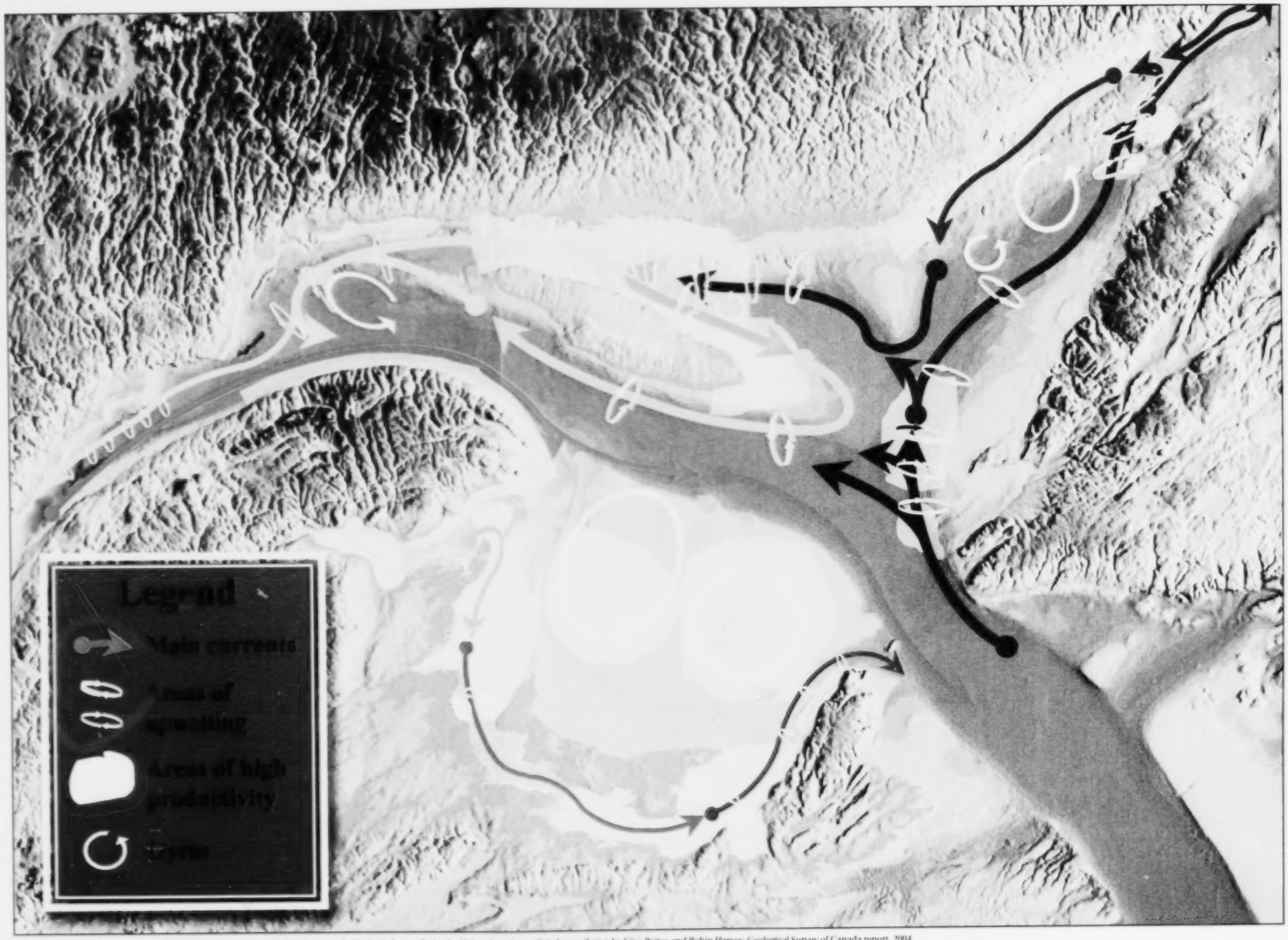
Northumberland Strait flows from west to east, along a complex of coastal and shallow ocean areas. This, combined with strong tidal mixing, has produced a complex of highly productive and sensitive areas. The gyres and retention areas concentrate the primary and secondary production in this relatively shallow region. Nutrient-rich organic matter in the surface waters is conveyed down to support the highly productive benthic communities (scallop, lobster, mussel, oyster, etc.). The gyres also function as nursery grounds for the larvae and juveniles of the shellfish species of the region. The salt marshes and mudflats along coastal New Brunswick, Nova Scotia and Prince Edward Island support high productivity of forage fish and invertebrates including several herring spawning sites, white hake spawning and seal whelping areas.

The last area before the currents leave the Gulf is along the west coast of Cape Breton, where the flow coming across the shallows turns northeastward and draws down the trough along the Island or eastern wall. This, in turn, draws deep channel water up along the outer side. Again, as in other channels, there is an up-welling and mixing that results in high productivity and diversity. This area is used as a route into the Gulf for many migratory species.

Bradelle and Orphan Banks are at the downstream end of the Gaspé current. In the early summer, clockwise circulation typical of banks is used extensively by spawning mackerel.

The Magdalen Islands are the centre of the counter clockwise tide, bathed in the flow from the Gaspé current. There are extensive mud flats and salt marshes on the west side, and strong tidal mixing at both ends and the east side. This combination makes for a very productive area for juvenile fish and birds.

This brief overview illustrates how freshwater and tidal currents, nutrient sources, and geology can work together on a large scale in the Gulf to create areas of high productivity and biological diversity. These mechanisms work in the same way at the smaller scale as well – within bays and estuaries and in the Northumberland Strait. Within each of the ecologically distinct areas, there are species or groups of species that may function as indicators to measure or monitor stress caused by human activity as well as the health of the ecosystem overall.



"Atlas of the Marine Environment and Seabed Geology of the Gulf of St. Lawrence" Geological compilation by Heinet Josenhans, digital compilation by Lisa Peitso and Robin Harvey. Geological Survey of Canada report, 2004.

2.4. Human systems around the Gulf

This section provides an overview of governance, human settlements, and human activities and in particular the key commercial and industrial activities such as commercial fishing; oil and gas exploration; marine transportation; aquaculture; and land-based activities in the Gulf of St. Lawrence.

Section 3 looks briefly at the potential issues for the Gulf ecosystem that can be derived from each of these activities.

2.4.1. Governance

The governance in the Gulf of St. Lawrence consists of a network of federal, provincial, municipal, and aboriginal governments and environmental organizations. The complexity of this is further reflected through the various legislation put in place to manage marine and coastal areas of the Gulf, and ocean-related resources and activities. While all governments and organizations have an interest in oceans management and sustainable development of marine and coastal areas and resources, the multi-jurisdictional setting of this governance structure may provide one of the greatest challenges towards implementing an integrated management plan for the Gulf.

The governance, regulation and management of activities within and surrounding the Gulf are shared between a wide variety of government departments and agencies. These include the government of Canada; the provincial governments of Québec, New Brunswick, Nova Scotia, Prince Edward Island and Newfoundland and Labrador; and numerous municipalities, counties and economic development boards, authorities and agencies.

Within the federal government alone, over 20 departments or agencies are involved in the oceans sector in one way or another, through various legislation, regulations, programs and/or services.

As well as the federal government, the provinces are very much involved in the management and regulation of resources within the Gulf.

In addition, First Nations, industry groups and associations, and non-governmental organizations such as environmental groups are either involved in or have an interest in the use and management of resources within the Gulf and its coastal and estuarine areas. Some are already well-known and involved. It will be important to identify and involve as many of these as possible.

2.4.2. Human settlements

This section provides a short summary of demographic and socio-economic profiles of each of the five provinces bordering the Gulf. The following table shows some key indicators. Of the five provinces, only Québec and Prince Edward Island show a population that is increasing. Rural areas have been hit hard with out-migration, particularly in Newfoundland and Labrador.

While the economic structure of coastal communities along the Gulf is based mainly around primary industries, many depend solely on one industry such as fisheries, forestry or mining. Single industry communities have a difficult time recovering from adverse changes in an industry, such as the closure of the commercial cod fishery in the Gulf during the early 1990s. The downturn in a major industry is often followed by out-migration of an active workforce.

The future of many coastal communities may depend on how well the principles of conservation and precautionary approach are integrated into municipal and coastal planning, and the ability to capitalize on emerging industries.

Table 1 – Key socio-economic indicators, five provinces					
Province	Population		Net change	Median age* (2001)	Median total income** (2002)
	1996	2001			
Québec	7,138,795	7,237,479	1.4%	38.8	$20,665
New Brunswick	738,133	729,498	-1.2%	38.6	$18,257
Nova Scotia	909,282	908,007	-0.1%	38.8	$18,735
Prince Edward Island	134,557	135,294	0.5%	37.7	$18,880
Newfoundland & Labrador	551,795	512,930	-7%	38.4	$16,050

* The age at which 50% of the population is younger; 50% is older.
** Half of people make more than this; half make less.

2.4.3. Human and industrial activities

All human and industrial activities, at some level, have the potential to adversely affect the coastal and marine areas and resources of the Gulf. Emerging industries such as the oil and gas, aquaculture and tourism sectors have been growing throughout the Gulf in recent years. The commercial fishing industry has evolved since the groundfish moratoria of the early 1990s, putting pressure on a number of previously underutilized species such as snow crab and shrimp. This change in the commercial fishing industry has also generated a great deal of interest in the aquaculture industry, an industry that has the potential to create economic prosperity for many coastal communities but at the same time have the potential to adversely affect this marine ecosystem if not properly managed.

The marine transportation industry is a significant economic contributor, not only to coastal communities along the Gulf but to Canada as a whole. This activity does however have an enviromental cost. Some contaminants are released from ships through waste, bilge and ballast water. A number of invasive species from other oceans are believed to have been introduced to the Gulf through the release of ballast water from ships. Land-based industries such as pulp and paper, mining and mineral processing, fish processing and agriculture, as well as municipal sewage discharge affect marine areas through the release of contaminants and nutrients. Meanwhile, many of these activities conflict with one another through competition for marine space. At the same time, many of these industries such as fisheries, aquaculture and tourism depend on a clean, healthy and sustainable marine environment.

There are a wide variety of human and/or industrial activities occurring within the Gulf (see box below). As noted above, five activities that represent the greatest potential to interact with and influence the ecological functions of the Gulf are discussed in the next section. These are commercial fishing including the commercial seal hunt; oil and gas; marine transportation; aquaculture and land-based activities including municipal sewage, pulp and paper production, mining and mineral processing, food processing and agriculture. This section looks at the economic importance of each in communities throughout the Gulf since this is an indicator of the relative intensity.

Types of human/industrial activities in the Gulf

- Commercial fishing
- Oil & gas exploration, activity
- Marine transportation/shipping
- Aquaculture
- Land-based activities (municipal sewage, pulp & paper production, mining & mineral processing, food/fish processing, tourism, agriculture
- Forest harvesting
- Ocean disposal
- Cable & pipeline corridors
- Recreational & Aboriginal fishing
- Channel maintenance
- Oil storage facilities
- Hydro development

Commercial fishing, including commercial seal hunt

DFO is the lead regulatory agency for fisheries within Canadian waters. Provincial governments play an important role in economic development and resource use by supporting conservation and sustainability. The Fisheries Resource Conservation Council is a federal advisory committee that makes recommendations to the Minister of Fisheries and Oceans regarding conservation measures. There is also a network of multi-stakeholder committees that contribute to management and conservation of the resource, including regional and provincial advisory committees.

Commercial fishing was historically the key economic driver in many coastal communities throughout the Gulf of St. Lawrence. During the 1990s, heavy exploitation of groundfish stocks resulted in a moratorium on cod and redfish fisheries. As a result, thousands of jobs were lost. This period became a turning point for the industry. Although groundfish remains important, invertebrates (shrimp, snow crab, lobster, clams and scallops) and pelagic fish (herring, mackerel and capelin) have dominated recent landings. Table 2 below shows how relative landings and landed values, by category, have shifted during this time. In 1990-91, for example, groundfish accounted for 24% of landed values; in the 1997-2001 period, it accounted for 5% of landed values. Invertebrates represented two-thirds of landed values in 1990-91; in the 1997-2001 period, shellfish represented almost 90% of landed values.

Harvesting of marine plants (Irish moss and wire weed) is relatively new in the Gulf, and is concentrated mainly in Prince Edward Island.

Table 2 – Percentage of landings and landed values by species, 1990-91 and 1997-2001

	1990-1991		1997-2001	
	Landings	Landed values	Landings	Landed values
Groundfish	38.7%	24.1%	8%	5.1%
Pelagic	34.5%	8.2%	48%	6.6%
Invertebrates	22.7%	66.6%	41%	88%
Marine plants	4.1%	1.1%	3%	0.3%
Total	100%	100%	100%	100%

Source: Preliminary data courtesy of DFO: Policy and Economics Branch: Statistics Division, 2003.

Table 3 – Average annual landings and landed values, by DFO region, 1997-2001		
DFO Region	Landings (metric tones)	Landed values ($)
Western Newfoundland	40,796	$41,765,000
Gulf	135,387	$304,589,000
Québec	46,886	$120,751,000
Gulf of St. Lawrence Total	223,069	$467,105,000

Source: Preliminary data courtesy of DFO: Policy and Economics Branch: Statistics Division, 2003.

DFO is also the lead department in the management of the commercial seal hunt. The harp seal has been the main species. The total allowable catch for harp seals in Atlantic Canada has increased continuously since being introduced in the 1960s. Still, more harp seals are recruited into the populations than are harvested. The estimated landed value (Atlantic region) of harp seals increased from $5.5 million in 2001 to $21 million in 2002 because of extremely good market conditions.

The grey seal hunt is limited to a traditional hunt on a small scale in a zone off the Magdalen Islands. There is no hunt for hooded or harbour seals in the Gulf. In recent years, personal use sealing licenses have been issued to residents adjacent to historical sealing areas in Newfoundland and Labrador, Québec North Shore, Gaspé Peninsula and the Magdalen Islands.

Oil and gas

Oil and gas exploration activities in the five provinces bordering the Gulf have been taking place for over 160 years. Most activities have been on-shore, and findings have been minimal. There has yet to be a significant discovery in the Gulf comparable to oil and gas findings in the Atlantic offshore (i.e. Grand Banks and Scotian Shelf). The oil and gas industry in offshore Atlantic Canada now accounts for approximately 7% of Canada's total production.

New technologies, along with discoveries in western Newfoundland in the mid-1990s, increased exploration activities along the Gaspé Peninsula, Anticosti and Magdalen Islands, areas of Québec where sedimentary basins are geologically similar to those in western Newfoundland. Seven exploratory wells have been drilled to date.

The main method used in exploration is seismic surveying, a way of mapping rock layers and properties deep below the earth's surface using sound, to give a better understanding of the geological structures of the underlying basins. The data does not necessarily prove that oil or gas is present but data do indicate where hydrocarbons are most likely to be found (i.e. they narrow the search). The tool used most often in seismic surveying offshore is airguns.

Oil and gas exploration activity, both offshore and in the Gulf, is expected to increase because of high oil prices, projected downturns in the supply of high grade oil and gas from western Canada, and the signing of new revenue-sharing agreements between the government of Canada and the provinces of Newfoundland & Labrador and Nova Scotia. It is believed that the southern Gulf may become an important natural gas producing area.

Eight governmental authorities share the responsibility for oil and gas exploration and development in the Gulf and surrounding coastal areas. It will be important for these authorities to take an integrated approach, and to work together to maximize the resource potential of the oil and gas industry in the Gulf while minimizing ocean user conflicts and negative impacts on the ecosystem, both from exploration activities and development.

Marine transportation

The St. Lawrence River and the Gulf is a major marine corridor that opens central and eastern Canada to international trade markets. Approximately 6,400 commercial vessels pass through the Cabot Strait, the major point of entry to and exit from the Gulf, each year. The Strait of Belle Isle provides a seasonal (June to January) vessel route for marine trade with European countries.

A wide variety of commodities are transported through the Gulf by large cargo vessels including crude oil and other petroleum products; metallic and non-metallic ore and ore by-products; chemicals; newsprint, pulp and other forest products; coal and coke for steel production; agricultural products (mainly corn, wheat and feed); and miscellaneous cargo. Other traffic includes passenger/vehicle/commercial ferries, tugs and barges, cruise ships, private yachts, recreational vessels, commercial marine operations (i.e. whale watching vessels) and commercial fishing vessels.

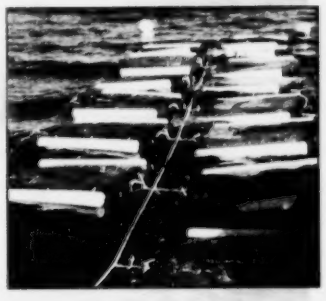
The high volume of traffic in the Gulf raises many potential concerns related to marine safety; vessel traffic management; port security; and marine environmental, wildlife and ecosystem protection.

Transport Canada and the Canadian Coast Guard play the lead role in regulating and managing marine traffic within Canadian waters along with other federal departments, agencies and authorities.

Aquaculture

In the past decade, the aquaculture industry has become a major contributor to the economy of many rural and coastal communities throughout the Gulf. Industry growth has been driven by an increased global demand for seafood products and a downturn in a number of commercial fisheries. The future of this industry is considered bright, although it requires large investment in research and development, both in terms of technology and in understanding and managing potential environmental impacts and ocean user conflicts.

Aquaculture activity in the Gulf is dominated by the shellfish sector, mainly oyster and blue mussel production. There are approximately 1,800 aquaculture sites, with 96% of them concentrated in New Brunswick, Nova Scotia and Prince Edward Island.



The aquaculture industry is regulated by both federal and provincial legislation. In the late 1980s, the federal government signed a Memorandum of Understanding with Québec and the four Atlantic provinces whereby the lead authority for aquaculture development was transferred to the provinces. The DFO is still responsible for aquaculture leasing and licensing in Prince Edward Island, although not in the other provinces.

Land-based activities

As noted earlier, there is a wide variety of human activities in the Gulf that have the potential to impact the ecosystem. At the same time, such activities are very important to the economies of communities and to the economy of the Gulf as a whole. An estimated 80% of contaminants originate from land-based sources, either washed directly into waterways or through storm sewers and/or sewer overflows. Six key land-based activities are briefly described below: municipal sewage; pulp and paper production; mining and mineral production; food processing; tourism and recreation; and agriculture.

Municipal sewage

As with other coastal nations, a great deal of the domestic and industrial sewage generated within coastal areas of the Gulf is discharged either raw or with some level of treatment into coastal waters, bays and estuaries of the Gulf. This wastewater is a complex mix of floating debris, petroleum-based products, suspended particulate matter, bacteria and viruses, and heavy metals.

Scientists are just beginning to get a handle on what is being discharged into Gulf waters. Preliminary information suggests the following:

- In Québec, most large communities treat their sewage; however, many smaller communities, especially within the Gaspé Peninsula and Lower North Shore areas, have no treatment facilities;
- Western Newfoundland has limited sewage treatment; many communities discharge raw, untreated sewage into the coastal environment;
- The majority of communities in New Brunswick have some form of sewage treatment;
- 16% of the population of Prince Edward Island is not served by sewage treatment;
- In Nova Scotia, sewage treatment service varies from county to county. Approximately 75% of communities in Colchester, Cumberland and Pictou Counties have sewage treatment in some form, while fewer than 25% of communities in Antigonish and Inverness Counties have such facilities.

Pulp and paper production

Pulp and paper processing is one of the primary economic drivers in some of the coastal communities within the Gulf. There are close to 80 pulp, paper and paperboard mills distributed throughout Québec and the four Atlantic provinces, of which approximately 20 are adjacent to the Gulf, Estuary and connecting waterways. An estimated 7,000 people are employed in this industry throughout the Gulf. Prince Edward Island is the only province without a pulp and paper processing facility.

Many of these operations are involved in raw pulp processing, while others concentrate on the production of secondary finished products such as boxes, containers, sanitary products and coated or laminated papers.

Since 1992, pulp and paper mills in Canada have been subject to new federal and provincial regulations that imposed stricter standards regarding the discharge of liquid effluents. All pulp and paper mills are required to carry out an Environmental Effect Monitoring study every three years to monitor the effects of their effluents on the environment.

Mining and mineral processing

Mining is also important to the economy; it contributed over 5 billion dollars in 2002 to the five provinces surrounding the Gulf. There are approximately 35 operations within the Gulf boundary in Québec, New Brunswick, Nova Scotia and Newfoundland and Labrador. Many are primary mining operations that extract raw materials; others are secondary processing operations that produce refined mineral products such as wallboard, brick, animal feed, and fertilizers. Prince Edward Island has a small number of aggregate and peat production sites.

Food processing

Processing of fish and other food sources (i.e. vegetables, fruits, dairy products, meat and eggs) plays an important role in the economy of communities throughout the coastal areas of the Gulf, and is a major job creator. There are more than 400 food processing plants in this area, including almost 300 fish processing plants.

There is a lack of consistency in the way provinces collect information on food processing plants, which makes data collection on these operations a challenge. However, such facilities use and discharge water during day-to-day operations, and such effluent can potentially impact the ecosystem (through discharge of organic material, floating debris, oxygen depletion and toxic compound release). It also can have negative impacts on other industries such as tourism.

Tourism and recreation

The tourism and recreation industry has grown to be one of the most significant sectors in the global economy. Tourism is forecast to be one of the world's largest industries by the year 2015. This world-wide trend has certainly been reflected in the Gulf area, where the tourism industry has seen phenomenal growth in the past decade.

Such expansion, however, has exerted increasing pressure on some of the most fragile environments, including marine and coastal surroundings. At the same time, tourism depends upon continued maintenance of sustainable, clean and healthy environments in order to further expand and attract tourists/customers.

There is less concern about the impact of tourism on the environment, compared to other human activities described in this section, although it is important to monitor particular activities such as whale watching and recreational fishing and boating on a case-by-case basis.

Agriculture

The agriculture industry plays a significant role in the socio-economic activity of the provinces surrounding the Gulf. In 2000, farm cash receipts for the four Atlantic provinces and Québec totaled $7.5 billion, with Québec accounting for 80% of the total (figures are for provinces as a whole, not just areas surrounding the Gulf). The following table provides an overview of farm activity for coastal areas bordering the Gulf.

Table 4 – Number of farms and farm acreage in 2000 for coastal areas bordering the Gulf			
Province	# Farms reporting	Farm acreage (hectare)	Farm cash receipts (total province, in $000)
Québec	5,120	603,320	$6,100,000
New Brunswick	1,008	105,549	$445,000
Nova Scotia	1,638	198,008	$460,000
Prince Edward Island	1,845	261,482	$396,000
Newfoundland & Labrador	151	12,301	$90,000
Total	9,762	1,180,660	$7,491,000

Source: Department of Fisheries and Oceans, 2005.

It is known, for example, that manure is applied to farmland through solid and liquid applications. Statistics show that applying chemical fertilizers and pesticides is a common practice in all provinces. The use of manure, chemical fertilizers and pesticides on farmland raises a number of major environmental and ecological issues.

The Issues Overview presented here is a preliminary, very general view of the major concerns related to human activities in the Gulf, based on existing knowledge. The intent is to promote discussion, identify knowledge gaps, and provide direction for further research and policy development. It is probably safe to say that the interactions discussed in this section are just the "tip of the iceberg" in terms of what may be happening in the Gulf because of human activity.

This summary looks at five major activities specifically: oil and gas exploration; commercial fishing; marine transportation; aquaculture; and land-based activities (pulp and paper mills, fish processing plants and sewage treatment).

3.1. Summary of key human activities, stressors, issues of concern

Table 5 – Summary of key human activities, stressors, issues of concern

Activity	Key stressors	Key issues of concern
Commercial fishing: • Fisheries are highly regulated in terms of gear type, species or groups of species; • More work needed to determine impacts of fishing on habitat and ecosystem.	• Removal of biomass (unbalancing food web structure); • Habitat damage/destruction from fishing gear; • Harvesting of forage species down the food chain (i.e. fishing for krill, capelin); • Ghost fishing by lost/damaged gear; • Introduction/transfer of invasive species.	• Environmental integrity /biodiversity; • Fishery sustainability; • Gear and user conflicts; • Single species management; • Incidental harm to species at risk; • Use of anti-fouling products (on vessels etc).
Oil and gas (Seismic and exploratory drilling related to oil and gas industry): •In exploratory stages but expected to become major activity; • Research enhanced by establishment of Centre for Offshore Oil and Gas Environmental Research (COOGER).	**Seismic Exploration** • Noise related to prolonged and frequent use of air guns; • Accidental spills of oil; • Vessel strikes (marine mammals and reptiles); • Introduction of invasive species from ballast water exchange (seismic boats work in many jurisdictions). **Exploratory Drilling** • Debris and gear left on bottom; • Accidental release of oil (spills); • Drill cutting/mud waste removal; • Noise and light pollution; • Invasive species introduction (rig and supply vessels).	• Many documented impacts of seismic surveys on marine mammals and fish, at egg, larval, juvenile and adult stages; • User conflicts between the oil industry and others; • Landscape/seascape aesthetics; • Negative effects on eco-tourism – i.e. changes in whale migratory routes or avoidance behaviour could affect whale watching tours; unsightly drilling rigs; • Spoiled beaches, animal kills; • Impacts on commercial fisheries and aquaculture operations (fouled gear, lost grounds, sub-lethal contamination of species).
Marine transportation: • Main routes are over deep water, which dissipates sound, assimilates impacts; • Need for land-based facilities to handle wastes (sewage, bilge oil); • Canada needs to match international standards.	• Unintentional introduction and dissemination of invasive species via ballast water exchange, hull fouling; • Sewage, oil and other contaminants from discharge and spills; • Use of anti-fouling products.	• Ballast water is main culprit for introduction of invasive species, transport of diseases and parasites such as MSX; • Within Gulf, invasive species already introduced move on hulls of smaller vessels, equipment used in fishing, aquaculture, dredging, recreational boating etc; • Weak laws to control sewage discharged by vessels; few pump-out facilities along Gulf coasts.
Aquaculture: • Almost entirely shellfish; • Shellfish aquaculture is entirely coastal;	• Introduction and redistribution of invasive species, diseases and parasites; • Habitat modification (sedimentation, nutrient loading); • Benthic community disturbance;	• Oil discharges from ships are major concern; • Aquaculture activities can disseminate non-native species (i.e. invasive species such as green crab, oyster thief, and clubbed tunicate) as well as diseases (i.e. MSX) and parasites; • User conflicts with commercial fishery; • Conflicts with other users(recreational boating, tourism operators, home and cottage owners);

Table 5 – Summary of key human activities, stressors, issues of concern (continued)

Activity	Key stressors	Key issues of concern
Aquaculture(Continued): • High concentrations of shellfish aquaculture have caused problems elsewhere; need to know ecologically sustainable limits; • Industry has been impacted by poor land use practices, has had impacts on recreational boating.	• Impacts on carrying capacity for other species.	• Multiple jurisdictions involved in aquaculture application processes; • Impacts of waste depend on type and scale of cultivation, flushing rates; • Fecal matter and detached shellfish increase organic matter under aquaculture lease and can smother the benthic habitat and its species; • Increased organic matter deposited on the bottom can favor settlement of green macroalgae.
Land-based activities: • Shoreline development; • Biggest stressor for coastal zones of the Gulf ecosystem; • If existing best management practices and regulatory controls were used, they would be effective in preventing further damage; would allow natural processes to clean up most problem sites.	• Loss of habitat, wetlands, estuaries, etc.; • Increased nutrient loading encouraging algal blooms; • Reduced oxygen levels due to decomposing organic wastes and excessive plant growth; • Increases in nearshore sediments and turbidity; • Release of pathogens into nearshore; • Release of contaminants; • Temperature changes of nearshore receiving waters; • Alterations of freshwater flows to receiving waters.	• Reduction and/or modifications of the quality / stability of the ecosystem (e.g. contaminants, nutrients, bacteria, freshwater influences, temperature); • Limits to human uses (commercial and recreational) of ecosystem; • Health implications (humans and biota); • Ecological pressures on economic development; • Many sources of contaminants in Estuary and Gulf including Great Lakes, local municipalities and industries, farming, marine transport, and weather systems from the west; • Urban refuse is an important source of organic molecules (e.g. medication, estrogens and hormones, which can impact life cycles). Also bacteria, whose behaviour in the marine environment is unknown; • New molecules for industrial and domestic purposes, such as fire retardants, mimic compounds now banned, e.g. PCBs; • Agricultural runoff is source of organic matter, nitrates and phosphates, pesticides and herbicides.
Climate change: **An emerging issue expected to have substantial impacts in years to come.**	• Changes to ocean processes (currents, salinity, temperature, etc.); • Coastal erosion; • Effects on coastal habitats; • Submersion of coastal areas and infrastructure; • Modification of species distribution, composition, population structures, habitats.	• Global phenomenon with obvious consequences and concerns for the Gulf of St. Lawrence; • Pervasive sense that this issue is not within management control.

3.1. Summary of key human activities, stressors, issues of concern

Table 5 – Summary of key human activities, stressors, issues of concern

Activity	Key stressors	Key issues of concern
Commercial fishing: • Fisheries are highly regulated in terms of gear type, species or groups of species; • More work needed to determine impacts of fishing on habitat and ecosystem.	• Removal of biomass (unbalancing food web structure); • Habitat damage/destruction from fishing gear; • Harvesting of forage species down the food chain (i.e. fishing for krill, capelin); • Ghost fishing by lost/damaged gear; • Introduction/transfer of invasive species.	• Environmental integrity /biodiversity; • Fishery sustainability; • Gear and user conflicts; • Single species management; • Incidental harm to species at risk; • Use of anti-fouling products (on vessels etc).
Oil and gas (Seismic and exploratory drilling related to oil and gas industry): •In exploratory stages but expected to become major activity; • Research enhanced by establishment of Centre for Offshore Oil and Gas Environmental Research (COOGER).	**Seismic Exploration** • Noise related to prolonged and frequent use of air guns; • Accidental spills of oil; • Vessel strikes (marine mammals and reptiles); • Introduction of invasive species from ballast water exchange (seismic boats work in many jurisdictions). **Exploratory Drilling** • Debris and gear left on bottom; • Accidental release of oil (spills); • Drill cutting/mud waste removal; • Noise and light pollution; • Invasive species introduction (rig and supply vessels).	• Many documented impacts of seismic surveys on marine mammals and fish, at egg, larval, juvenile and adult stages; • User conflicts between the oil industry and others; • Landscape/seascape aesthetics; • Negative effects on eco-tourism – i.e. changes in whale migratory routes or avoidance behaviour could affect whale watching tours; unsightly drilling rigs; • Spoiled beaches, animal kills; • Impacts on commercial fisheries and aquaculture operations (fouled gear, lost grounds, sub-lethal contamination of species).
Marine transportation: • Main routes are over deep water, which dissipates sound, assimilates impacts; • Need for land-based facilities to handle wastes (sewage, bilge oil); • Canada needs to match international standards.	• Unintentional introduction and dissemination of invasive species via ballast water exchange, hull fouling; • Sewage, oil and other contaminants from discharge and spills; • Use of anti-fouling products.	• Ballast water is main culprit for introduction of invasive species, transport of diseases and parasites such as MSX; • Within Gulf, invasive species already introduced move on hulls of smaller vessels, equipment used in fishing, aquaculture, dredging, recreational boating etc; • Weak laws to control sewage discharged by vessels; few pump-out facilities along Gulf coasts.
Aquaculture: • Almost entirely shellfish; • Shellfish aquaculture is entirely coastal;	• Introduction and redistribution of invasive species, diseases and parasites; • Habitat modification (sedimentation, nutrient loading); • Benthic community disturbance;	• Oil discharges from ships are major concern; • Aquaculture activities can disseminate non-native species (i.e. invasive species such as green crab, oyster thief, and clubbed tunicate) as well as diseases (i.e. MSX) and parasites; • User conflicts with commercial fishery; • Conflicts with other users(recreational boating, tourism operators, home and cottage owners);

Table 5 – Summary of key human activities, stressors, issues of concern (continued)

Activity	Key stressors	Key issues of concern
Aquaculture(Continued): • High concentrations of shellfish aquaculture have caused problems elsewhere; need to know ecologically sustainable limits; • Industry has been impacted by poor land use practices, has had impacts on recreational boating	• Impacts on carrying capacity for other species.	• Multiple jurisdictions involved in aquaculture application processes; • Impacts of waste depend on type and scale of cultivation, flushing rates; • Fecal matter and detached shellfish increase organic matter under aquaculture lease and can smother the benthic habitat and its species; • Increased organic matter deposited on the bottom can favor settlement of green macroalgae.
Land-based activities: • Shoreline development; • Biggest stressor for coastal zones of the Gulf ecosystem; • If existing best management practices and regulatory controls were used, they would be effective in preventing further damage; would allow natural processes to clean up most problem sites.	• Loss of habitat, wetlands, estuaries, etc.; • Increased nutrient loading encouraging algal blooms; • Reduced oxygen levels due to decomposing organic wastes and excessive plant growth; • Increases in nearshore sediments and turbidity; • Release of pathogens into nearshore; • Release of contaminants; • Temperature changes of nearshore receiving waters; • Alterations of freshwater flows to receiving waters.	• Reduction and/or modifications of the quality / stability of the ecosystem (e.g. contaminants, nutrients, bacteria, freshwater influences, temperature); • Limits to human uses (commercial and recreational) of ecosystem; • Health implications (humans and biota); • Ecological pressures on economic development; • Many sources of contaminants in Estuary and Gulf including Great Lakes, local municipalities and industries, farming, marine transport, and weather systems from the west; • Urban refuse is an important source of organic molecules (e.g. medication, estrogens and hormones, which can impact life cycles). Also bacteria, whose behaviour in the marine environment is unknown; • New molecules for industrial and domestic purposes, such as fire retardants, mimic compounds now banned, e.g. PCBs; • Agricultural runoff is source of organic matter, nitrates and phosphates, pesticides and herbicides.
Climate change: An emerging issue expected to have substantial impacts in years to come.	• Changes to ocean processes (currents, salinity, temperature, etc.); • Coastal erosion; • Effects on coastal habitats; • Submersion of coastal areas and infrastructure; • Modification of species distribution, composition, population structures, habitats.	• Global phenomenon with obvious consequences and concerns for the Gulf of St. Lawrence; • Pervasive sense that this issue is not within management control.

4. SUMMARY

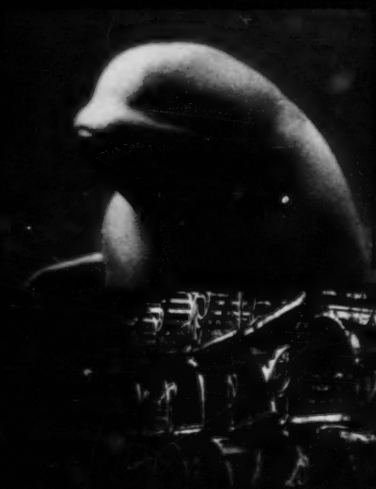
This overview of the Gulf of St. Lawrence ecosystem has demonstrated that the Gulf is, indeed, a unique environment. Its physical and biological components combine to create a distinct ecosystem with an abundance of resources. As a result, a wide variety of human activities occur within and adjacent to the Gulf, and many people depend on its resources for their livelihood.

This report has outlined in a very general way the potential impact that these activities may have. The goal of the report was to identify what is known and not known about the Gulf because it is only when we understand how environmental systems work together that potential threats can be identified, and management measures put in place to mitigate them. This report has underlined the crucial importance of all those with an interest in the Gulf – government, organizations and individuals – to work together for the long-term sustainability of this very important ecosystem.

Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada

Le golfe du Saint-Laurent, un écosystème unique

Plateforme pour
la gestion intégrée
du golfe du Saint-Laurent
(GIGSL)



Canada

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION ET CONTEXTE 1
   1.1. Pourquoi le golfe du Saint-Laurent est-il un écosystème unique? 2

2. APERÇU DE L'ÉCOSYSTÈME 2
   2.1. Systèmes Physiques 2
      2.1.1. Océanographie physique 2
      2.1.2. Propriétés de l'eau 4
      2.1.3. Environnement sonore 6
      2.1.4. Composants géologiques 7
   2.2. Systèmes Biologiques 9
      2.2.1. Macrophyte 10
      2.2.2. Plancton 10
      2.2.3. Communauté benthique 11
      2.2.4. Reptiles 12
      2.2.5. Poissons 12
      2.2.6. Oiseaux marins 13
      2.2.7. Mammifères marins 14
   2.3. Fonctionnement de l'écosystème du golfe du Saint-Laurent 15
   2.4. Systèmes humains autour du golfe du Saint-Laurent 20
      2.4.1. Structures de gouvernance 20
      2.4.2. Établissements humains 20
      2.4.3. Activités humaines et industrielles 21

3. APERÇU DES ENJEUX TOUCHANT LE GOLFE DU SAINT-LAURENT 27
   3.1. Principales activités humaines, stresseurs et sources d'inquiétude – Résumé 28

4. SOMMAIRE 30

Résumé

Ce rapport présente le golfe du Saint-Laurent comme écosystème marin unique. Il maintient également une grande diversité biologique de la vie marine. Les informations fournies incluent les systèmes physiques tels que les propriétés de l'eau, de l'océanographie physique et des composants géologiques. Les aspects biologiques incluent des descriptions des communautés des macrophytes, du plancton et les communautés benthiques, les reptiles, les poissons, les oiseaux marins et les mammifères. Il y a également une discussion sur les composants humains tels que les règlements, les activitées industrielles et la gouvernance. Le rapport démontre le défi de gérer des activités humaines dans le contexte d'un écosystème marin dynamique, divers et unique.

Sauf avis contraire, les photos sont la propriété du Ministère des Pêches et des Océans Canada

Publication de:
Direction des Océans et des Sciences
Pêches et Océans Canada

©Sa Majesté du Chef du Canada, 2005

N° de cat. FS 104-2/2005
ISBN 0-662-69499-6

Imprimé au Canada sur du papier recyclé.

Le golfe du Saint-Laurent, un écosystème unique

1. Introduction et contexte

La *Loi sur les océans* a instauré un nouveau cadre législatif et stratégique qui modernise la gestion des activités touchant à nos océans. Elle repose sur trois grands principes : le développement durable, la gestion intégrée et la prévention.

La *Loi* vise à changer la façon dont le gouvernement canadien gère les activités qu'il exerce en milieu marin, et elle mobilise tous les ministères qui ont compétence en la matière. La *Loi sur les océans* donne la responsabilité à Pêches et Océans Canada de diriger et de favoriser l'élaboration et la mise en oeuvre de plans pour la gestion intégrée des activités reliés aux océans au Canada.

À la suite de l'annonce du Plan d'action pour les océans, le golfe du Saint-Laurent a été identifié comme l'une des cinq Zones étendues de gestion des océans au Canada (avec la baie de Plaisance et les Grands Bancs, la Plate-forme néo-écosaisse, la côte Nord du Pacifique et la mer de Beaufort).

Le Plan d'action pour les océans décrit essentiellement le mode de mise en œuvre de la Stratégie sur les océans en respectant les principes de la *Loi sur les océans*. Le plan prévoit quatre grands piliers interreliés :

- Leadership international – souveraineté et sécurité
- Santé des océans
- Sciences et technologie des océans
- Gestion intégrée des océans pour le développement durable

Hi RES STS110_STS110-720-23.JPG
Image courtoisie du Laboratoire de la science et analyse des images, Centre de l'espace Johnson du NASA. http://eol.jsc.nasa.gov

Dans l'initiative du golfe du Saint-Laurent, Pêches et Océans Canada entend se concentrer surtout sur les trois piliers suivants : la santé des océans, les sciences et la technologie et, enfin, la gestion intégrée des océans pour le développement durable – en particulier la gestion intégrée des ressources dans un cadre de gestion écosystémique, l'établissement d'objectifs pour la gestion écosystémique et la cartographie du fond marin.

Pour dresser un plan de gestion intégrée, il faut d'abord définir et évaluer le milieu océanique à l'étude, mobiliser toutes les parties affectées et mettre sur pied des conseils consultatifs qui étudieront les enjeux liés à la conservation et à la protection des écosystèmes estuariens, côtiers et marins. Ces étapes préliminaires sont nécessaires, parce qu'elles créent un mécanisme qui nous permet de recueillir les renseignements les plus complets possibles et de prendre des décisions éclairées sur l'exploitation des ressources et l'utilisation des océans. L'objectif de la gestion intégrée consiste à prendre en compte les facteurs environnementaux, économiques et sociaux dans le processus de planification, afin de dresser un plan véritablement axé sur l'utilisation durable de l'écosystème. Dans le Golfe, l'initiative lancée par le Ministère pour concrétiser cette démarche porte le nom de Gestion intégrée du golfe du Saint-Laurent (GIGSL).

Au départ, le GIGSL vise à décrire l'écosystème du golfe du Saint-Laurent ainsi qu'à cerner les activités et les enjeux qui y sont associés, dans le but de les gérer à l'échelle du Golfe tout entier.

Le présent document résume les caractéristiques de l'écosystème du Golfe, de même que les principales activités humaines qui sont exercées dans la région. Nous y présentons aussi une courte description de certaines menaces, afin de bien montrer que, pour assurer la durabilité du golfe du Saint-Laurent, il faut adopter une approche de gestion intégrée et adaptative qui mobilise tous les intervenants.

Pour commencer, il importe de faire le point sur ce que nous savons au sujet du golfe du Saint-Laurent, parce que nous devons d'abord comprendre le mode de fonctionnement de cet environnement pour pouvoir cerner les menaces possibles et mettre en place des mesures d'atténuation qui en réduiront les impacts.

1.1. Pourquoi le golfe du Saint-Laurent est-il un écosystème unique?

Le golfe du Saint-Laurent est semblable à une mer intérieure dont l'écosystème se distingue par les caractéristiques suivantes : isolation partielle de l'Atlantique Nord, apport d'eau douce de source terrestre, présence d'une dépression profonde qui le traverse sur sa longueur, glaces saisonnières, couche intermédiaire froide, faible profondeur, forte productivité biologique et grande biodiversité.

Les caractéristiques distinctives des composantes physiques et biologiques du Golfe se combinent pour créer un environnement unique en son genre, qui agit sur le mode d'occupation du territoire et le mode d'exploitation des ressources. Le golfe du Saint-Laurent est le lieu de toute une gamme d'activités humaines. Bon nombre de résidants de cette région dépendent des ressources du Golfe pour leur gagne-pain.

Le milieu humain du Golfe est tout aussi unique. Le Golfe est entouré de cinq provinces dont leur population est composé d'anglophones, de francophones et de plusieurs Premières Nations qui crée un éventail d'établissement culturel et social distinct.

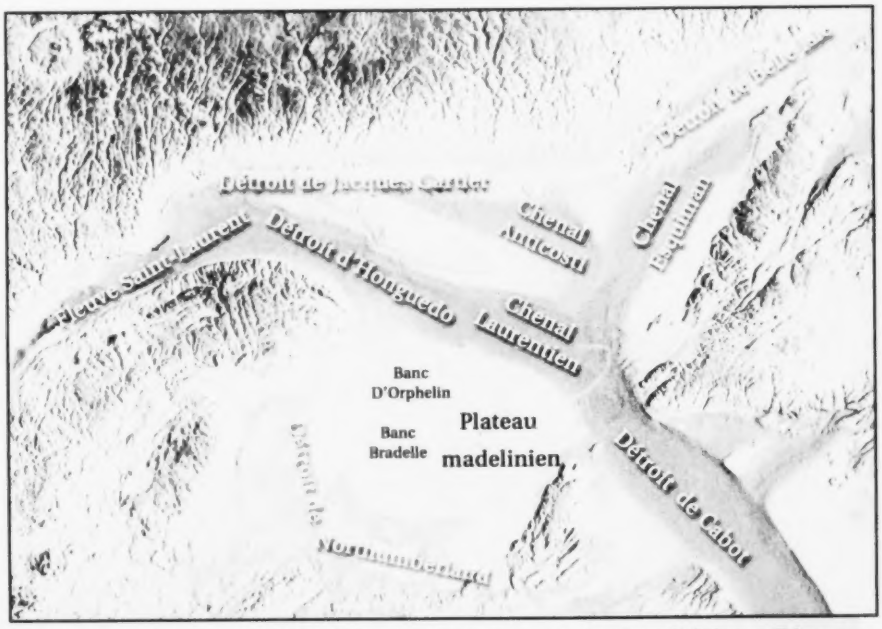
2.1 Systèmes physiques

L'océanographie est la branche des sciences qui étudie les propriétés physiques et biologiques de la mer. Dans cette section, nous examinerons d'abord les systèmes physiques des eaux côtières et extracôtières du golfe du Saint-Laurent, en particulier l'océanographie physique, les propriétés de l'eau, l'environnement sonore et les composants géographiques.

2.1.1 Océanographie physique

Sur le plan océanographique, le Golfe abrite un environnement marin qui se distingue très nettement des autres bassins d'eau de l'Amérique du Nord pour les raisons suivantes :

- Il est isolé de l'Atlantique Nord;
- Il reçoit de grandes quantités d'eau douce des Grands Lacs et du bassin du Saint-Laurent;
- Il est recouvert de glace en hiver;
- Il forme une mosaïque de petits fonds et de détroits profonds.



"Atlas of the Marine Environment and Seabed Geology of the Gulf of St. Lawrence" Compilation Géologique par Heiner Josenhans, compilation numérique par Lisa Peitso and Robin Harvey. Rapport de la Commission géologique du Canada, 2004

Pour commencer, il importe de faire le point sur ce que nous savons au sujet du golfe du Saint-Laurent, parce que nous devons d'abord comprendre le mode de fonctionnement de cet environnement pour pouvoir cerner les menaces possibles et mettre en place des mesures d'atténuation qui en réduiront les impacts.

1.1. Pourquoi le golfe du Saint-Laurent est-il un écosystème unique?

Le golfe du Saint-Laurent est semblable à une mer intérieure dont l'écosystème se distingue par les caractéristiques suivantes : isolation partielle de l'Atlantique Nord, apport d'eau douce de source terrestre, présence d'une dépression profonde qui le traverse sur sa longueur, glaces saisonnières, couche intermédiaire froide, faible profondeur, forte productivité biologique et grande biodiversité.

Les caractéristiques distinctives des composantes physiques et biologiques du Golfe se combinent pour créer un environnement unique en son genre, qui agit sur le mode d'occupation du territoire et le mode d'exploitation des ressources. Le golfe du Saint-Laurent est le lieu de toute une gamme d'activités humaines. Bon nombre de résidants de cette région dépendent des ressources du Golfe pour leur gagne-pain.

Le milieu humain du Golfe est tout aussi unique. Le Golfe est entouré de cinq provinces dont leur population est composé d'anglophones, de francophones et de plusieurs Premières Nations qui crée un éventail d'établissement culturel et social distinct.

2. 2. Aperçu de l'écosystème

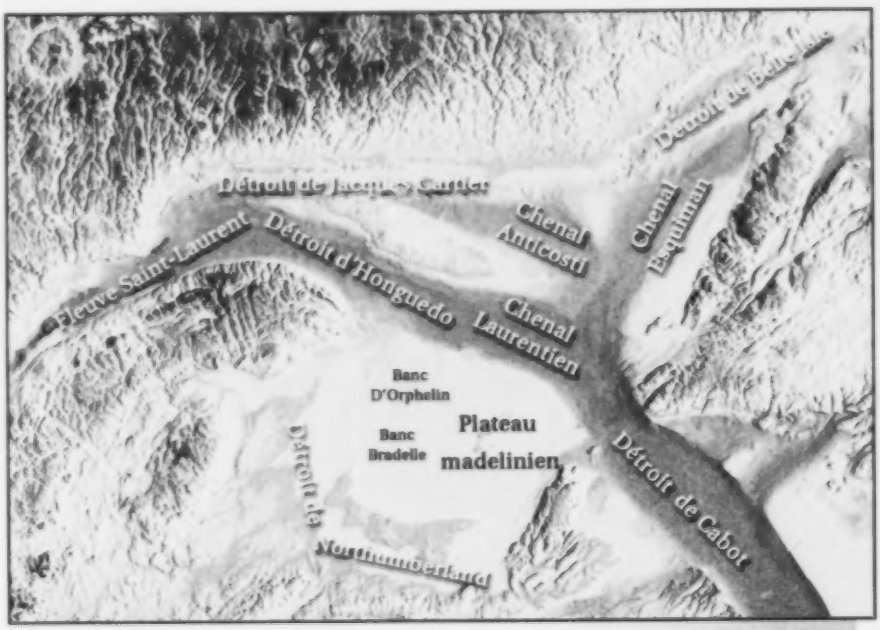
2.1 Systèmes physiques

L'océanographie est la branche des sciences qui étudie les propriétés physiques et biologiques de la mer. Dans cette section, nous examinerons d'abord les systèmes physiques des eaux côtières et extracôtières du golfe du Saint-Laurent, en particulier l'océanographie physique, les propriétés de l'eau, l'environnement sonore et les composants géographiques.

2.1.1 Océanographie physique

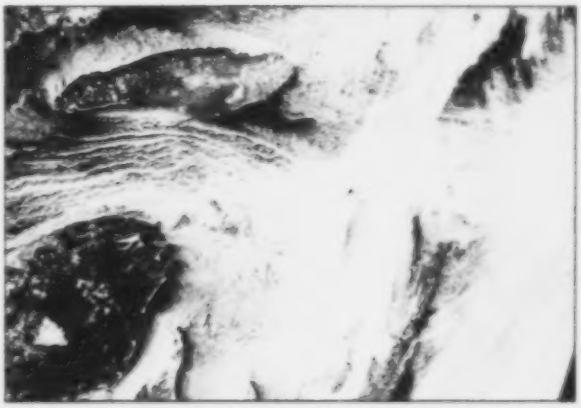
Sur le plan océanographique, le Golfe abrite un environnement marin qui se distingue très nettement des autres bassins d'eau de l'Amérique du Nord pour les raisons suivantes :

- Il est isolé de l'Atlantique Nord;
- Il reçoit de grandes quantités d'eau douce des Grands Lacs et du bassin du Saint-Laurent;
- Il est recouvert de glace en hiver;
- Il forme une mosaïque de petits fonds et de détroits profonds.



"Atlas of the Marine Environment and Seabed Geology of the Gulf of St. Lawrence" Compilation Géologique par Heiner Josenhans, compilation numérique par Lisa Peitso and Robin Harvey. Rapport de la Commission géologique du Canada. 2004.

Le golfe du Saint-Laurent est une mer presque fermée, qui s'ouvre sur l'océan Atlantique par le détroit de Cabot et le détroit de Belle-Isle. Le chenal Laurentien est une longue dépression de 300 m de profondeur qui s'étend sur une distance de 1 500 km depuis le plateau continental, dans l'océan Atlantique, jusqu'à l'estuaire du Saint-Laurent, où elle prend fin abruptement près de la ville de Québec à l'embouchure de la rivière Saguenay. Cette dépression sert de couloir à des courants océaniques profonds. Le Golfe est aussi traversé de deux dépressions secondaires (le chenal d'Esquiman et le chenal d'Anticosti) ainsi que de plateaux tels que le Plateau madelinien, qui couvre la partie sud du Golfe.



ESC_large_ISS006_ISS006-E-28906.JPG
Image courtoisie du Laboratoire de la science et analyse des images, Centre de l'espace Johnson du NASA, http://eol.jsc.nasa.gov

La topographie sous-marine du Golfe (c.-à-d. le fond de l'eau) est un ensemble complexe qui exerce une grande influence sur le profil de circulation de l'eau. L'eau du golfe du Saint-Laurent circule généralement dans le sens contraire des aiguilles d'une montre.

La description qui suit résume très sommairement le profil de circulation de l'eau dans le Golfe. Sous l'action des marées et des courants, des eaux froides et denses provenant de l'Arctique pénètrent dans le Golfe par le détroit de Belle-Isle. Les eaux de l'océan Atlantique (qui descendent du Labrador ou qui arrivent du sud par le Gulf Stream) entrent dans le chenal Laurentien par le détroit de Cabot, habituellement à des profondeurs d'environ 200 m. Chaque printemps, l'eau douce du fleuve Saint-Laurent, du Saguenay et d'autres cours d'eau se trouvant près des côtes vient se mélanger aux eaux du Golfe, produisant une couche de surface plus chaude et moins salée qui dérive vers l'océan Atlantique.

L'apport d'eau douce, qui gagne en volume à l'automne, intensifie le mouvement des eaux dans le Golfe et lui donne les caractéristiques d'un estuaire (c'est-à-dire l'embouchure d'un cours d'eau où se mêlent l'eau douce et l'eau salée).

À l'approche de l'hiver, la couche superficielle qui se déplace vers l'Atlantique perd de sa flottabilité (sous l'action de plusieurs facteurs tels que le refroidissement, la formation de glace de mer et la réduction de l'apport d'eau douce) et s'enfonce. À la fin de mars, cette couche d'eau se trouve de 100 à 150 m sous la surface, de telle sorte que, au printemps, elle est piégée sous une nouvelle couche superficielle. Cette couche d'eau plus dense est connue sous le nom de couche intermédiaire froide, et il s'agit d'une caractéristique importante du golfe du Saint-Laurent.

L'atmosphère agit elle aussi sur la formation et la circulation des masses d'eau (les masses d'eau se définissent principalement par leur température et leur salinité). Par exemple, les vents déplacent les eaux de surface et effectuent un transfert de chaleur dans la couche atmosphérique inférieure, ce qui influe sur la température atmosphérique, l'un des principaux prédicteurs de la formation de glace de mer. La nébulosité est le principal facteur qui régit les variations annuelles enregistrées dans le réchauffement printanier et, en été, dans la température de la couche superficielle. De même, l'évaporation et les précipitations (pluie et neige) peuvent modifier la salinité de l'eau en surface (c'est-à-dire le contenu de sel dans l'eau). Le mélange vertical (c.-à-d. le mélange de couches d'eau de densités différentes) est le phénomène le plus important qui affecte les masses d'eau. Les masses d'eau peuvent rester dans le golfe du Saint-Laurent pendant plusieurs mois dans le cas des couches situées près de la surface et quelques années dans le cas des eaux froides situées près du fond. La circulation et le mélange des masses d'eau dans le Golfe jouent un rôle déterminant dans les habitats des organismes marins, tout en agissant sur la productivité et la biodiversité.

Sur le plan de l'océanographie physique, le golfe du Saint-Laurent présente une autre particularité : l'eau gèle tous les ans. Les dates de prise des glaces et de débâcle varient grandement d'année en année, tout comme l'étendue maximale de la zone englacée et l'épaisseur moyenne des glaces. Il est important de pouvoir faire des prévisions à cet égard dans le Golfe, parce que les glaces restreignent à la fois l'activité biologique et l'activité humaine, comme la pêche et la navigation. Les modèles de changement climatique donnent à penser que le golfe du Saint-Laurent pourrait être exempt de glace dans moins d'un demi-siècle, mais cette thèse ne fait pas l'unanimité.

Les variations du niveau de la mer occupent une place importante dans la vie des habitants des régions côtières. Les impacts de la hausse du niveau de la mer et des ondes de tempêtes peuvent être : l'érosion côtière, les inondations localisées, l'érosion des dunes et la modification des chenaux de navigation. Le niveau de la mer est régi par un certain nombre de facteurs : les marées, les ondes de tempête, les vagues du plateau continental et des phénomènes de longue durée tels que les changements climatiques. Les ondes de tempête associées à la pression atmosphérique et aux vagues du plateau peuvent engendrer une hausse du niveau de la mer de 10 à 50 cm au-dessus des niveaux prédits. Combinées à l'effet des marées, ces ondes de tempête peuvent créer des inondations dans les zones littorales de la partie sud du Golfe, de la Côte-Nord et de l'estuaire, y compris dans la région en amont qui se trouve près de Québec.

Grâce aux recherches scientifiques menées au fil des ans, nous comprenons désormais beaucoup mieux l'océanographie physique du golfe du Saint-Laurent. Les navires et les bateaux de pêche recueillent souvent des données. Les satellites nous donnent accès à des données sur la glace de mer, les ondes de surface, le niveau d'eau et la salinité. Les radars côtiers peuvent mesurer avec précision les courants de surface, et nous disposons de modèles numériques qui nous permettent de prévoir l'état des glaces.

2.1.2 Propriétés de l'eau

Les principales composantes de l'eau de mer du Golfe sont : particules en suspension, nutriments, oxygène, carbone organique et contaminants.

Les systèmes physiques exercent une grande influence sur les masses d'eau – sur leur position dans la colonne d'eau, sur leur vitesse et sur leur température –, et ils les forcent à se mélanger verticalement. Tous ces phénomènes agissent sur la productivité et la biodiversité des poissons et des autres organismes marins du Golfe.

Particules en suspension

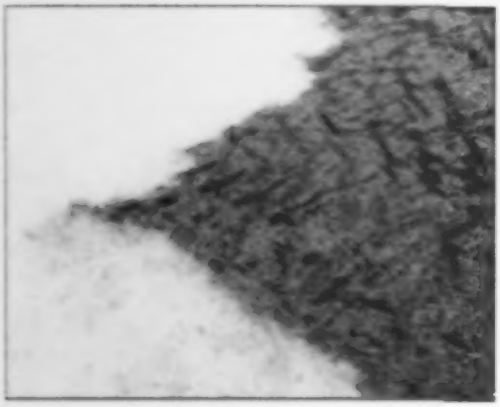
Les particules en suspension sont de minuscules matières solides organiques ou inorganiques qui se trouvent dans la colonne d'eau. Il peut s'agir de poussières provenant du sol ou de sédiments du fond, de matières végétales en décomposition ou de plancton. Les particules organiques en suspension sont une source de nourriture pour des organismes tels que le zooplancton et les filtreurs du fond marin (tels que les mollusques). Cependant, ces particules transportent parfois des contaminants dans les estuaires et dans la mer.

Les fortes concentrations de particules en suspension augmentent la turbidité de l'eau (c'est-à-dire qu'elles rendent l'eau trouble), empêchent la lumière de pénétrer dans la colonne d'eau et entravent la production primaire. Elles peuvent aussi nuire au fonctionnement d'outils, comme les satellites qui servent à évaluer la biomasse de phytoplancton de surface.

Les concentrations de particules peuvent s'accroître sous l'effet de certaines activités humaines, telles que le dragage, la construction, l'agriculture et la foresterie. Les déversements d'hydrocarbures peuvent également altérer les profils de répartition naturels de ces corps en suspension.

En général, les chercheurs possèdent une bonne quantité de données sur la répartition, la composition et le comportement des particules en suspension dans le chenal Laurentien et dans l'estuaire,

mais les renseignements dont ils disposent pour le Golfe dans son ensemble sont moins complets. Les recherches actuelles sont surtout axées sur les composants organiques (les particules qui servent de nourriture aux organismes) plutôt que sur l'ensemble des particules en suspension.



Nutriments

Le nitrate, le phosphate et le silicate sont les principaux nutriments de l'eau de mer. Le nitrate est le plus abondant des produits azotés, même si le nitrite, l'ammoniac et les composés organiques contribuent eux aussi à l'activité biologique. Les eaux du fond du Golfe sont considérablement plus riches en nutriments que celles qui se trouvent à des profondeurs semblables dans l'Atlantique Nord. Cette différence est attribuable au profil de circulation général de l'eau dans le Golfe et au mode de dégradation et de « recyclage » des matières en eau profonde. Les parties nord et est du Golfe ont une plus forte teneur en nutriments que la partie sud.

Les nutriments jouent un rôle important dans la production primaire. Lorsqu'ils sont présents en quantités limitées dans les eaux de surface, la productivité s'en trouve elle aussi limitée. Plusieurs mécanismes naturels poussent les nutriments à remonter vers les eaux de surface peu profondes. Dans l'estuaire, par exemple, ce processus est surtout causé par le mélange intense d'eau douce et d'eau salée que provoquent les marées ainsi que par des remontées d'eau à l'entrée du chenal Laurentien (ce phénomène est également appelé pompe à nutriments).

En revanche, un excès de nutriments – ou charge excessive – peut entraîner des risques pour l'environnement. Ces charges excessives proviennent surtout des eaux usées et du lessivage des terres cultivées près du littoral, le long du fleuve Saint-Laurent et autour du Golfe.

Oxygène

L'oxygène est elle aussi une propriété très importante de l'eau de mer. Les niveaux d'oxygène enregistrés au fond de la partie aval de l'estuaire du Saint-Laurent dans les années 1990 semblent être deux fois moins élevés qu'ils ne l'étaient dans les années 1930. La même observation a récemment été faite dans la partie aval du chenal, jusque dans le secteur de l'île d'Anticosti. Cette baisse peut s'expliquer en partie par une augmentation des niveaux d'azote et par une multiplication des matières organiques qui se sont déposées au fond de l'eau (causant un effet d'asphyxie). L'insuffisance d'oxygène dans l'eau de mer peut limiter la répartition de certains organismes (par exemple la morue et diverses espèces benthiques, comme il a récemment été observé) dans le Golfe. La baisse de la quantité d'oxygène pourrait aussi être associée aux propriétés des masses d'eau de la pente continentale qui pénètrent dans le chenal Laurentien. Ces eaux sont relativement plus chaudes et ont donc une moins forte teneur en oxygène.

Carbone

Le carbone est le principal ingrédient chimique de la plupart des matières organiques : il représente environ 50 % du poids sec des organismes vivants. C'est pour cette raison que le carbone peut nous fournir de nombreuses données au sujet des organismes vivants, des écosystèmes et comment ils fonctionnent. Le carbone est également une composante du dioxyde de carbone, le principal gaz à effet de serre. Le dioxyde de carbone introduit dans l'atmosphère peut provenir de sources naturelles ou anthropogéniques. Les sources naturelles de dioxyde de carbone incluent l'activité volcanique, la respiration, la décomposition, l'érosion, la combustion et l'évaporation. Les sources anthropogéniques incluent la combustion de combustibles fossiles, les processus de production industrielle (ex : cheminée industrielle) et la production de béton (chauffage du calcaire). La concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère a déjà augmenté d'environ 30 % depuis le milieu du XIXe siècle, et ce changement se traduit par une augmentation des températures atmosphériques et du niveau de la mer.

Les chercheurs croient que le cycle du carbone de l'océan – c'est-à-dire le mode de production et de transport du carbone organique entre les différentes couches d'eau du Golfe – joue un rôle prépondérant dans le contrôle des niveaux de dioxyde de carbone dans l'atmosphère. Il est donc important de comprendre à fond ces processus. L'information existante sur la répartition géographique des composantes du carbone organique dans le golfe du Saint-Laurent est encore relativement limitée.

Contaminants

Les contaminants sont des composés chimiques qui sont produits par l'activité humaine et qui aboutissent dans la nature. Les contaminants qui se trouvent dans l'environnement comprennent les produits inorganiques, tels que les métaux lourds, et les composés organiques, tels que les pesticides et d'autres organochlorés (les BPC et le DDT étant les mieux connus). Ces contaminants peuvent avoir de graves répercussions sur les cellules et les tissus d'individus, de populations et même de communautés entières. Ces répercussions sont souvent reliées à la durée qu'un organisme est exposé au contaminant. Les zones côtières et les estuaires sont particulièrement susceptibles aux contaminants en raison de la durée de temps que l'eau y demeure.

Parmi les principales sources de contaminants, il faut mentionner les déchets urbains et industriels non traités, de même que des activités comme l'agriculture et l'exploitation forestière intensives. Les contaminants sont transportés par les cours d'eau, principalement le Saint-Laurent et le Saguenay. Ces composés chimiques ressemblent beaucoup à des particules en suspension, en ce sens qu'ils sont transportés de la même façon et qu'ils finissent aussi au fond de l'océan.

Nous possédons encore relativement peu de données sur la présence de contaminants dans la colonne d'eau, dans les sédiments ou dans les organismes aux niveaux inférieurs de la chaîne alimentaire du Golfe. Les renseignements accessibles témoignent de la présence généralisée d'un certain nombre de produits chimiques dans les eaux et les sédiments de l'estuaire et du Golfe. Les niveaux de contamination sont les plus élevés près des sources probables (c.-à-d. les usines). Les contaminants les plus abondants semblent être les BPC et d'autres pesticides organochlorés, parce qu'ils se décomposent difficilement.

Il est intéressant de noter que, même si la plupart de ces composés sont frappés d'interdiction depuis plusieurs décennies déjà, ils sont encore présents dans toutes les parties de l'écosystème du Golfe, et tout semble indiquer qu'ils le demeureront pendant encore longtemps. Il convient également de préciser que de nouveaux contaminants pénètrent régulièrement dans l'écosystème. Citons par exemple un produit chimique utilisé comme ignifugeant dans les vêtements, qui se retrouve maintenant dans le lard des bélugas du fleuve Saint-Laurent. Ces nouveaux contaminants viennent s'ajouter au mélange de composés chimiques déjà présents dans l'environnement et pourraient aggraver la situation des organismes qui passent de longues périodes de leur vie dans le Golfe (par exemple les bélugas, les phoques et d'autres mammifères marins).

2.1.3 Environnement sonore

Les sons représentent un autre élément important des systèmes physiques du Golfe. De toute évidence, ils font naturellement partie de la vie dans le Golfe. Les vibrations terrestres, le craquement et la rupture des glaces, les vagues, les tempêtes et le vent, tous ces éléments contribuent au bruit ambiant. Les mammifères marins, les poissons et d'autres organismes produisent des sons lorsqu'ils communiquent, qu'ils se nourrissent et qu'ils se déplacent. Cependant, en l'absence de données, il est difficile d'estimer leur apport global au niveau de bruit total.

L'activité humaine génère elle aussi beaucoup de bruit.

L'exploration sismique, la navigation maritime, la construction en milieu marin et côtier, les sonars, les activités militaires et les avions figurent au nombre des principales sources. L'intensification du trafic maritime commercial dans le Golfe suscite des inquiétudes particulières, parce que les porte-conteneurs et les superpétroliers peuvent être très bruyants. En outre, on assiste à une croissance marquée du nombre de bateaux de plaisance et de navires commerciaux d'observation des baleines qui circulent dans certaines parties du Golfe.

Les relevés sismiques, qui permettent d'explorer les gisements pétroliers et gaziers au moyen de canons à air, d'explosifs et d'étinceleurs, contribuent pour beaucoup à accroître les niveaux de bruit. Même si les compagnies pétrolières sont tenues par la loi d'obtenir un permis pour réaliser des relevés sismiques, les données accessibles sur les niveaux de bruit engendrés par ces activités demeurent limitées. Il faut également mentionner l'impact des charges explosives utilisées en construction; elles suscitent de grandes préoccupations d'ordre environnemental dans les secteurs entourant le Golfe.

Les bruits intenses peuvent endommager les organes des animaux marins ou entraîner des changements comportementaux. Ces blessures peuvent être temporaires ou permanentes, et il arrive qu'elles soient mortelles. Elles peuvent survenir sur le coup ou résulter d'une accumulation d'effets. Les incidences du bruit sur les organismes marins sont complexes, et elles varient d'une espèce à l'autre. Le même bruit (même fréquence et même intensité) peut causer des dommages permanents à une espèce de poisson donnée et se révéler tout à fait inoffensif pour une autre espèce. Les renseignements concernant l'impact du bruit sur les poissons et les autres mammifères marins sont relativement limités, même si certains impacts sur les mammifères marins (tels que les baleines) sont bien documentés.

Voici les effets connus :

- Les mammifères peuvent éviter certains secteurs où il y a beaucoup de bruit;
- Il se peut également qu'ils soient attirés par le bruit (et qu'ils s'exposent ainsi à des risques de collision avec des navires sismiques ou d'autres genres de navires);
- Le bruit peut modifier les profils de migration;
- Le bruit peut entraîner des troubles temporaires ou permanents de l'ouïe;
- Le bruit a parfois des effets secondaires négatifs sur les sources d'alimentation et l'habitat.
- Lorsqu'elles sont effrayées par des tirs sismiques ou par des ondes de sonar, les baleines risquent de remonter très vite des profondeurs sans pouvoir décomprimer suffisamment, ce qui peut se révéler mortel.

À long terme, l'intensification du bruit dans le Golfe pourrait entraîner des changements dans les profils d'alimentation et de migration des animaux marins et rompre ainsi l'équilibre de l'écosystème.

2.1.4 Composants géologiques

Les composants géologiques comprennent les glaciations, les variations postglaciaires du niveau de la mer et les paysages côtiers. Dans ce contexte, nous examinerons les ressources qui pourraient se trouver dans le substrat rocheux et les sédiments, de même que les risques, d'origine naturelle ou humaine, qui sont associés à la géologie du Golfe.

Les caractéristiques géologiques sont importantes. Il s'agit d'une composante essentielle des habitats marins et fauniques. Elles agissent sur la circulation, le mélange et les caractéristiques des masses d'eau du Golfe, tout en subissant leur influence.

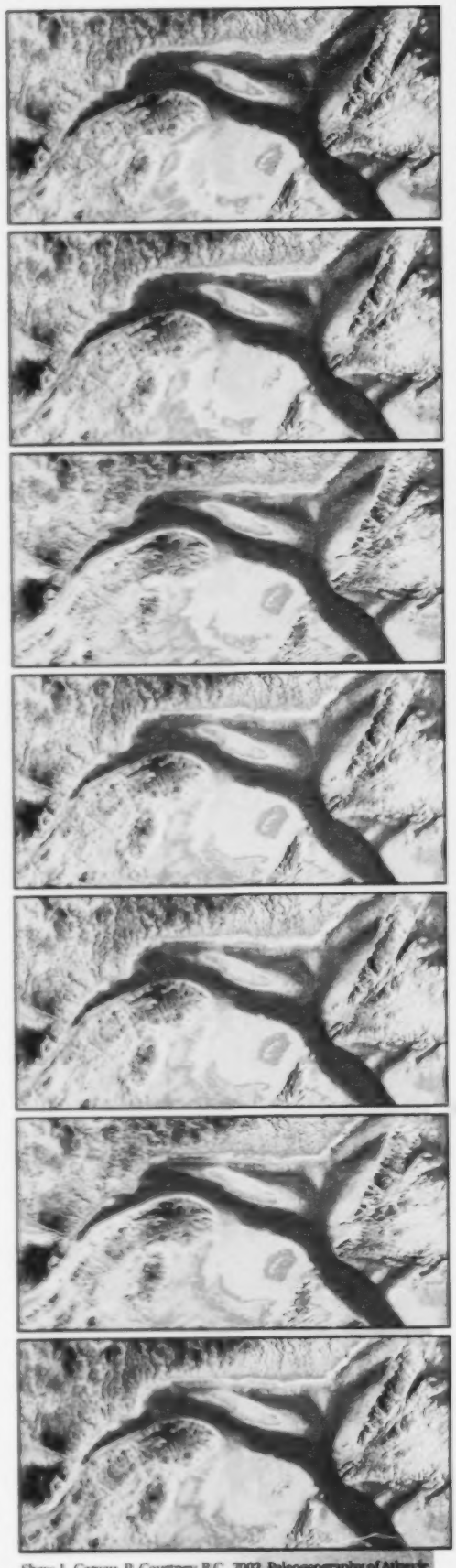
Les caractéristiques géologiques permettent également la réalisation de nombreuses activités humaines, depuis l'exploitation des ressources et l'aménagement du territoire jusqu'à la prévention et l'atténuation de risques tels que l'érosion côtière, les glissements sous-marins et les tremblements de terre.

Formations du substrat rocheux
Les eaux de l'estuaire et du Golfe coulent sur des roches vieilles de plusieurs millions d'années qui chevauchent trois grandes régions géologiques : le Bouclier canadien, au nord-ouest, la plateforme du Saint-Laurent, en bordure du Bouclier canadien, et les Appalaches, au sud-est. Ces roches du socle font plusieurs kilomètres de profondeur et sont exposées au fond de l'eau ou couvertes par des sédiments dont l'épaisseur peut varier de quelques mètres à quelques centaines de mètres.

Glaciations et icebergs
Depuis sa formation, le substrat rocheux a subi plusieurs transformations, y compris celles qui ont été causées par l'alternance des périodes glaciaires et des périodes interglaciaires. Les géologues pensent que le centre de l'Amérique du Nord a été témoin de quatre grandes glaciations au cours des deux derniers millions d'années et que chaque période glaciaire a été suivie d'une période interglaciaire au cours de laquelle le climat s'est adouci. Chaque fois, le paysage du Saint-Laurent a été façonné par l'érosion et la sédimentation.

Au Canada, c'est la dernière période glaciaire, la période du Wisconsinien, qui est la mieux connue, parce que les glaciers de cette époque ont couvert et effacé la plupart des traces laissées lors des glaciations antérieures. La glaciation wisconsinienne a eu un impact majeur sur le paysage du Golfe – aussi bien sur terre que sous l'eau. Par exemple, c'est pendant cette période qu'ont été charriés une bonne partie des sédiments qui recouvrent aujourd'hui le fond du Golfe.

Nous traversons maintenant une période interglaciaire ou postglaciaire. La température moyenne à la surface de la planète est à la hausse, tout comme le niveau moyen de la mer partout dans le monde. La tendance qui se dessine dans l'estuaire du Saint-Laurent demeure incertaine, même si certaines données semblent indiquer que le niveau de la mer monte lentement dans de nombreuses régions situées sur les deux côtes du Saint-Laurent.



Shaw, J., Gareau, P. Courtney, R.C., 2002. Paleogeography of Atlantic Canada 13–0 ka. Quaternary Science Reviews 21, 1863–1880.

Il est également possible de constater les effets de certains phénomènes naturels, par exemple l'impact des icebergs qui ont raclé le fond de l'eau et modifié la répartition et les propriétés des sédiments du fond marin. Les icebergs qui pénètrent dans le golfe du Saint-Laurent continuent d'affouiller le fond du détroit de Belle-Isle jusqu'à une profondeur d'au moins 80 m. Les marques d'affouillement laissées pendant la dernière période glaciaire, il y a 14 000 ans, sont encore évidentes dans le chenal Laurentien et dans certains secteurs du Golfe.

Quelques activités humaines ont également eu des effets d'affouillage éloignés. Par exemple, les scientifiques ont observé des sillons de dimensions et de profondeurs différentes qui ont été creusés par les chaluts et les dragues à pétoncle dans presque tous les recoins du Golfe où l'eau fait moins de 165m le profondeur.

Ressources non biotiques

Le substrat rocheux et les sédiments du Golfe abritent d'abondantes ressources, depuis des minéraux non combustibles, tels que le sable, le gravier, les sables silicieux et les minéraux lourds (par exemple l'or, le fer et le titane), jusqu'à des combustibles fossiles, comme le charbon, le pétrole, le gaz naturel et les hydrates de gaz. L'île de Terre-Neuve et Labrador et le large de la Gaspésie, au Québec, seraient bordés de zones présentant un attrait possible pour l'exploration pétrolière et gazière. Dans l'Est du Canada, on peut citer quelques exemples d'exploitation de minéraux non combustibles, par exemple la production de chlorure de sodium (sel) par évaporation d'eau salée ou l'exploitation de sables silicieux sur les plages du Golfe (une activité aujourd'hui interdite par la loi).

Malgré tout, les minéraux non combustibles des milieux marins de la côte Est demeurent peu exploités, en raison, principalement, de l'abondance des minéraux terrestres, de la distance des marchés et des réseaux de transport ainsi que d'une connaissance limitée du potentiel des ressources marines.

Paysages côtiers

Il importe de parler d'une dernière caractéristique importante de la géologie du Golfe, les paysages côtiers. La grande diversité du littoral résulte de la géologie de l'environnement, de l'action des glaciers, de l'impact des périodes postglaciaires et des processus naturels actuels. L'apparence du littoral varie beaucoup dans le Golfe : hautes falaises et côtes rocheuses (en bordure de la Côte-Nord du Québec et de certaines parties de l'île de Terre-Neuve et Labrador), roches légèrement plissées, cordons littoraux et plaines côtières basses (dans certaines régions de l'Île-du-Prince-Édouard, de la Nouvelle-Écosse et du Nouveau-Brunswick) et marais.

La nature et la structure géologique du littoral influent grandement sur la réaction d'une zone donnée à des phénomènes naturels tels que des tremblements de terre et des glissements (sur terre ou sous l'eau). L'érosion côtière est un phénomène naturel, mais l'activité humaine, surtout les activités qui entraînent le réchauffement de la planète, contribue à l'accélérer dans certaines régions.

Les scientifiques travaillent maintenant à mettre au point des modèles capables de mesurer et d'évaluer les risques auxquels s'exposent l'infrastructure et les populations côtières, qu'ils soient associés à des phénomènes naturels ou à l'activité humaine.

2.2 Systèmes biologiques

La présente section brosse un tableau sommaire des systèmes biologiques qui caractérisent les eaux côtières et extracôtières du golfe du Saint-Laurent. Ils peuvent se classer dans sept grandes catégories : macrophytes, plancton, invertébrés, reptiles, poissons, oiseaux

marins et mammifères marins. Nous présenterons une courte description de ces composantes en fournissant quelques précisions sur leur régime alimentaire, les nutriments dont elles ont besoin, leur habitat et leur répartition, lorsque ces renseignements sont connus, et nous énumérerons les principaux problèmes de l'écosystème qui sont liés à chacune d'elles.

2.2.1 Macrophytes

Il existe deux catégories de macrophytes : les macroalgues (plantes marines sans racines) et les plantes vasculaires (graminées marines pourvues d'un système racinaire). Elles jouent toutes deux un rôle très important dans l'environnement marin.

Les populations de macroalgues créent des espaces « multidimensionnels » où s'accrochent les millions d'invertébrés qui dérivent dans la colonne d'eau pendant le cycle de reproduction. Les macroalgues servent de refuge à un grand nombre d'animaux marins, accroissent la complexité de l'habitat et favorisent la biodiversité. Elles soutiennent une microfaune et une microflore diverses, protègent un grand nombre d'espèces contre des prédateurs, filtrent la lumière et créent de l'ombre. De plus, elles représentent une importante source de nourriture pour de nombreux organismes (l'oursin et le bigorneau, par exemple).

La répartition des algues est tributaire des conditions ambiantes, telles que la température, la salinité, la teneur en nutriments, la profondeur, la composition du substrat, la lumière, les vagues, les courants et les glaces. Le Golfe abrite 21 espèces d'algues brunes (ex : laminaire) courantes, 16 espèces d'algues vertes (ex : laitue de mer) courantes et 25 espèces d'algues rouges (ex : mousse d'Irlande) courantes.

Principaux problèmes de l'écosystème – Macrophytes

- Fragilité des herbiers de zostère;
- Espèces introduites/ envahissantes (codium fragile);
- Perte d'habitat;
- Pollution.

Les graminées marines exercent une influence énorme sur l'environnement. Parce qu'elles ont un système racinaire, elles accroissent la sédimentation et préviennent l'érosion, ce qui influe sur la forme et la stabilité du littoral. Les peuplements de graminées marines contribuent aussi à améliorer la qualité de l'eau, servent de refuge et de garde-manger à un grand nombre d'espèces et agissent sur les interactions biologiques en stockant le carbone fixe. Dans le Golfe, ces plantes se trouvent principalement dans les marais salés, les schorres et les herbiers de zostère. Au nombre des principales espèces, citons le scirpe d'Amérique, l'algue lacet et la zostère. La récolte des macrophytes est très limitée dans le golfe du Saint-Laurent.

2.2.2 Plancton

Il existe plusieurs façons de classer le plancton :

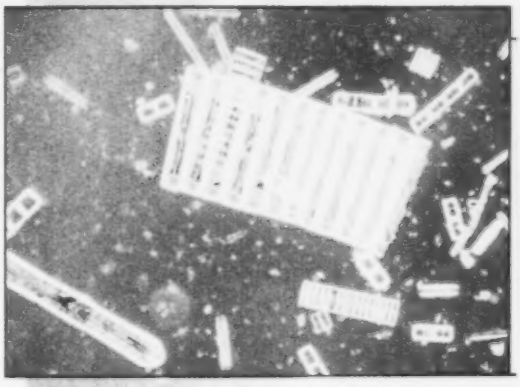
- La taille – Les diatomées et les bactéries de quelques micromètres (le bactérioplancton), les petits crustacés tels que les copépodes, qui ne font que quelques millimètres de longueur (le microplancton), et le krill, les cténophores et les méduses, qui peuvent mesurer plusieurs centimètres de longueur (le macroplancton);
- La capacité de photosynthèse (c.-à-d. la capacité d'utiliser la lumière du soleil pour produire des nutriments à partir de dioxyde de carbone et d'eau)
  – Le plancton qui est capable de photosynthèse, comme le phytoplancton (les diatomées et les dinoflagellés), et le plancton qui n'en est pas capable, tel que le zooplancton (animaux qui se nourrissent de plantes et de bactéries);
- La durée de la phase planctonique
  – Les organismes qui restent au stade de plancton toute leur vie (le holoplancton) et ceux qui ne le sont qu'aux premières étapes de leur cycle biologique (le méroplancton, par exemple les larves de poissons et l'ichtyoplancton);

- L'interface – Le plancton qui s'associe principalement à l'interface eau-atmosphère (le neuston et le pleuston) et celui qui s'associe plutôt à l'interface glace-eau (la communauté épontique).

Le plancton représente le fondement même de la chaîne alimentaire ou réseau trophique. Voici une illustration linéaire de la chaîne alimentaire : le phytoplancton est brouté par le zooplancton qui, à son tour, est consommé par le necton (c.-à-d. des animaux qui nagent, tels que les poissons ou les calmars) et, dans certaines circonstances, lorsqu'il y a de nombreux mélanges verticaux dans la colonne d'eau, par la communauté benthique.

Les variations de la température, des concentrations de nutriments, de la turbidité et du degré de pénétration de la lumière – tous ces éléments peuvent avoir des impacts majeurs sur les populations de plancton.

Les organismes qui font partie du plancton ont de la difficulté à nager; ils se déplacent principalement au gré des profils de circulation de l'eau. Les scientifiques sont d'avis qu'il existe quatre réseaux trophiques distincts dans le golfe du Saint-Laurent : 1) la région située à l'ouest de l'île d'Anticosti, le long des côtes du Québec; 2) le courant de Gaspésie, qui longe la côte nord de la Gaspésie, au sud de l'île d'Anticosti; 3) la partie sud du Golfe, qui englobe le détroit de Northumberland, la baie des Chaleurs et le Plateau madelinien; 4) la partie nord-est du Golfe. La région sud du Golfe (région 3) est particulièrement riche et fertile en plancton.



Principaux problèmes de l'écosystème – Plancton

- Pollution;
- Aquaculture;
- Espèces introduites/ envahissantes;
- Gestion de l'eau et retenues;
- Effets du changement climatique.

2.2.3 Communauté benthique

La communauté benthique désigne une gamme variée d'organismes qui vivent au fond d'un bassin d'eau. Le Golfe sert probablement d'habitat à plus de 3 000 espèces, depuis celles qui ont une grande valeur commerciale (telles que le crabe et le homard) jusqu'aux invertébrés et aux microorganismes de toutes formes qui, sans avoir de valeur commerciale, revêtent néanmoins une grande importance écologique.

De toutes les communautés marines, c'est la communauté benthique qui compte le plus grand nombre d'espèces et les populations les plus nombreuses, en raison, principalement, de la diversité des habitats au fond de l'eau. Voici les principales catégories d'organismes qui font partie de la communauté benthique :

- Le macrobenthos, qui comprend les crustacés (homard, crabe des neiges et crevette), les mollusques (huître, moule, natice) et les échinodermes (étoile de mer, clypéastre). Les deux premiers groupes sont bien connus pour leur valeur économique;
- Les autres macroinvertébrés benthiques, tels que les annélidés (vers marins), les éponges et les cnidaires (coraux et anémones), les ascidies (les tuniciers comme l'ascidie plissée, une espèce envahissante) et différents ordres de petits animaux (vers plats);
- La microfaune et la méiofaune, qui comprennent les microcrustacés (mysis, pouce-pied), de petits animaux qui contribuent au recyclage des nutriments en se nourrissant des fèces en décomposition d'autres espèces. Les algues, les protozoaires et les bactéries sont également des organismes importants qui font partie de la communauté benthique.

L'Union mondiale pour la conservation de la nature considère la perte d'habitat comme le principal facteur menant à la disparition des espèces et à la perte de diversité. Nous ne disposons d'aucune donnée pour confirmer ou réfuter la thèse voulant qu'une quelconque espèce benthique indigène du Golfe soit menacée de disparition.

Principaux problèmes de l'écosystème – Communauté benthique
- Espèces envahissantes;
- Perte d'habitat benthique;
- Impact des activités terrestres (eaux usées, lessivage des terres cultivées).

Les communautés benthiques des côtes sont bien connues, et celles de certains secteurs du milieu marin, tels que le Plateau madelinien et l'estuaire, ont fait l'objet de nombreuses études. Cependant, nous possédons pour l'instant très peu de renseignements sur les communautés de certaines autres régions du Golfe, tels que le chenal Laurentien, le chenal des Escoumins et le chenal d'Anticosti. Il importe de comprendre les communautés benthiques pour déterminer si elles sont menacées par l'activité humaine, par exemple l'aquaculture, le remplissage intercalaire pour l'aménagement du territoire côtier, le rejet d'eaux usées et l'agriculture (lessivage des terres agricoles).

2.2.4 Reptiles

La tortue luth est le seul reptile connu dont l'aire de répartition englobe le golfe du Saint-Laurent. Au Canada, ce grand migrateur est aussi observé régulièrement le long du plateau continental.

Les scientifiques croient que, si la tortue luth migre dans les eaux entourant les provinces de l'Atlantique en été, c'est surtout en raison de l'abondance des méduses, sa principale source de nourriture. La tortue luth figure sur la liste des espèces en voie de disparition du Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) et est incluse dans la *Loi sur les espèces en péril.*

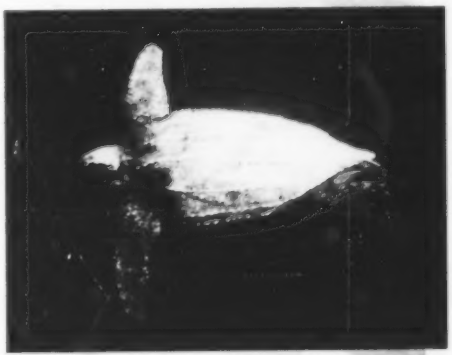
2.2.5 Poissons

La communauté de poissons du Golfe englobe un grand nombre d'espèces qui sont à l'extrémité nord ou à l'extrémité sud de leur aire de répartition. Par exemple, l'ogac se trouve à la limite sud de son territoire, tandis que la limande à queue jaune et la baudroie sont à la limite nord du leur. La vaste superficie du territoire occupé par certaines espèces s'explique par la diversité des conditions météorologiques qui règnent dans le Golfe proprement dit – la couche d'eau froide, la couverture de glace en hiver et les eaux chaudes en été.

Les poissons du Golfe sont reconnus pour leur grande productivité. La densité moyenne des poissons de fond dans la partie sud du Golfe figure parmi les plus élevées de la région de l'Atlantique. Près de 20 espèces de poissons de mer sont exploitées à des fins commerciales ou font l'objet d'une pêche expérimentale.

Les espèces de poissons de mer du Golfe peuvent se classer dans deux grandes catégories, selon la position qu'elles occupent dans la colonne d'eau : les poissons de fond et les poissons pélagiques. Comme leur nom l'indique, les poissons de fond tendent à vivre près du fond de l'eau; les espèces commerciales comprennent la morue, le sébaste, la plie canadienne, la merluche blanche, le flétan noir et la plie grise. Plus des deux tiers des espèces de poissons de mer du Golfe sont des poissons de fond. Leur aire de répartition n'est cependant pas uniforme. Le territoire de chaque espèce varie en fonction de la température de l'eau, de la profondeur ainsi que de différentes caractéristiques physiques et biologiques de l'habitat. Les poissons pélagiques, eux, vivent et se nourrissent près de la surface de l'eau. Le hareng, le maquereau, le capelan, le thon rouge et le requin font tous partie de cette catégorie.

Le golfe du Saint-Laurent peut se diviser en deux zones distinctes : la partie sud, dominée par le Plateau madelinien, et la partie nord. Zone de grande productivité en été, le Plateau madelinien abrite d'importantes aires de frai, de croissance et d'alimentation des adultes pour de grandes biomasses de poissons de fond et de poissons pélagiques (par exemple la morue et le hareng). Le côté ouest du Plateau madelinien englobe la principale frayère de la population de morues du sud du Golfe et du stock septentrional de maquereaux de l'Atlantique Nord-Ouest.



Dans la partie nord du Golfe, les secteurs peu profonds du plateau continental qui bordent la côte ouest de Terre-Neuve-et-Labrador et la Côte-Nord du Québec constituent d'importants lieux d'alimentation et de croissance estivaux aussi bien pour les poissons de fond que pour les poissons pélagiques. Les eaux chaudes et profondes des chenaux qui dominent la partie nord du Golfe sont des aires d'alimentation, de frai et de croissance pour un certain nombre de poissons d'eau profonde et d'espèces du talus continental (par exemple, les espèces qui, comme la plie grise, remontent le talus continental pour aller se nourrir dans des eaux un peu moins profondes en été).

Ces chenaux profonds servent aussi d'aires d'hivernage aux adultes de nombreuses espèces de gros poissons dont les aires de frai, de croissance et d'alimentation se trouvent dans les eaux peu profondes du plateau continental (par exemple la morue, le hareng, la plie, la merluche blanche et la raie épineuse).

On a observé une importante baisse de l'effectif de plusieurs communautés de poissons du Golfe. Les changements les plus marqués se sont fait sentir chez les populations de morue et de sébaste dans les années 1990, ce qui a donné lieu à un moratoire sur la pêche. En 2004, d'importantes baisses d'effectif ont été enregistrées chez trois espèces de loups de mer et deux populations de morues.

Principaux problèmes de l'écosystème – Poissons

- Surpêche (pêche dirigée et prises accessoires);
- Prédation;
- Changements survenus dans les habitats et dans l'écosystème (causés par la nature ou attribuables à l'activité halieutique);
- Changements environnementaux.

Le loup à tête large et le loup tacheté figurent sur la liste des espèces menacées, à l'annexe 1 de la *Loi sur les espèces en péril*. Le loup atlantique a été classé espèce préoccupante par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) en 2000, et il est inscrit à l'annexe 1 de la *Loi sur les espèces en péril*. Le cas de deux populations de morues du Golfe a été soumis à un examen par COSEPAC en mai 2003. À l'issue de cet examen, la population de morue nord-laurentienne a été désignée menacée et celle des Maritimes a été désignée préoccupante par COSEPAC.

2.2.6 Oiseaux marins

Il existe quatre groupes d'oiseaux marins qui dépendent des ressources des côtes et des eaux du golfe du Saint-Laurent pour survivre. Les voici :

- Oiseaux côtiers – Ces oiseaux se nourrissent de proies qu'ils trouvent au fond de l'eau ou à proximité, dans les habitats côtiers où l'eau est peu profonde. Ils regagnent habituellement la terre pour la nuit. Les cormorans, les goélands et les sternes appartiennent à cette catégorie;
- Oiseaux extracôtiers ou pélagiques – Ces oiseaux passent de longues périodes en haute mer, où ils trouvent la plupart ou la totalité de leur nourriture. Ils s'alimentent et se reposent dans l'eau, mais ils doivent regagner la terre ferme pour s'accoupler, habituellement sur des falaises rocheuses ou des îles. Les pétrels et les pingouins sont des oiseaux pélagiques. Collectivement, les oiseaux côtiers et les oiseaux extracôtiers forment une catégorie appelée oiseaux marins. Le golfe du Saint-Laurent sert d'habitat à environ 18 espèces d'oiseaux marins nicheurs;
- Sauvagine – Il y a environ 18 espèces d'oiseaux qui appartiennent à la catégorie de la sauvagine dans le Golfe. Les eiders et les macreuses en sont deux exemples;
- Oiseaux de rivage – La majorité des oiseaux de rivage ne font halte dans le Golfe que pendant une courte période (généralement de juillet à septembre), pendant leur migration entre l'Arctique

et leurs aires d'hivernage de l'Amérique du Sud. Ils s'y arrêtent pour se nourrir dans les battures, aires d'alimentation qui revêtent une importance cruciale pendant leur long périple. Le Golfe occupe le second rang, derrière la baie de Fundy, pour ce qui est du nombre d'oiseaux de rivage qui se servent des côtes comme poste de ravitaillement. Certaines espèces d'oiseaux de rivage nichent dans la région du Golfe.

Les oiseaux marins jouent un rôle important dans l'écosystème du Golfe. Avec les mammifères marins et les gros poissons, ils occupent les échelons supérieurs de la chaîne alimentaire. Ils consommeraient quelque 80 000 tonnes de proies marines par an. Des recherches démontrent que les communautés d'oiseaux marins dans le Golfe ont connu des changements importants en raison de l'exploitation des ressources marines par les humains. Au cours des 20 dernières années, les populations d'oiseaux extra côtiers ont augmenté considérablement, tandis que les populations d'oiseaux côtiers ont connu un déclin.

2.2.7 Mammifères marins

Les mammifères marins du golfe du Saint-Laurent se divisent en deux catégories : les baleines et les phoques. Le Golfe est fréquenté par cinq espèces de baleines à fanons, à savoir le rorqual commun, le petit rorqual, le rorqual bleu, le rorqual à bosse et la baleine noire de l'Atlantique Nord, et par huit espèces de baleines à dents, soit le béluga, le globicéphale, le dauphin à flancs blancs, le dauphin à nez blanc, le marsouin commun, la baleine à bec commune, l'orque et le grand cachalot.

Les baleines à dents sont des carnivores; elles se nourrissent de poissons, de céphalopodes (calmars) et de crustacés (crevettes). Les espèces proies telles que le krill et le capelan représentent pour elles une importante source de nourriture. Certaines espèces (par exemple le rorqual bleu) se nourrissent presque exclusivement de krill, tandis que d'autres complètent leur régime alimentaire en mangeant également des copépodes, des mollusques et des petits poissons.

L'estuaire du Saint-Laurent figure parmi les principaux lieux d'alimentation de certaines populations de baleines de l'Atlantique Nord (même si le béluga est la seule espèce qui y habite à longueur d'année). Parmi les autres aires d'alimentation importantes, citons l'entrée du chenal Laurentien, la dépression du Cap-Breton, près de Chéticamp (Cap-Breton), le détroit de Belle-Isle, le secteur situé au sud-est de l'Île-du-Prince-Édouard et les eaux entourant les Îles de la Madeleine. Les baleines empruntent le détroit de Cabot, au large du Cap-Breton, pour migrer dans le golfe du Saint-Laurent et pour en sortir.

Principaux problèmes de l'écosystème – Baleines

- Contamination;
- Collisions avec des navires;
- Altération de l'habitat;
- Enchevêtrement accidentel dans des engins de pêche;
- Concurrence pour la nourriture;
- Perturbations et bruit.

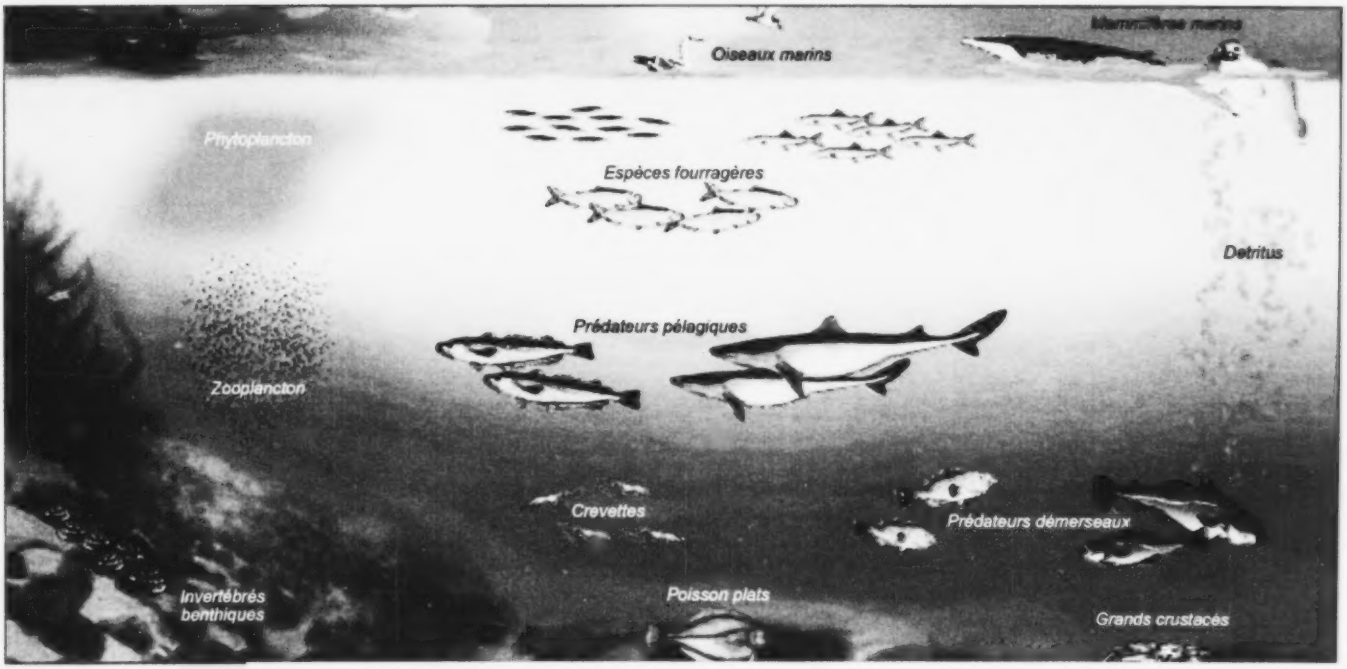
Le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) a désigné certaines espèces de baleines en voie de disparition (le rorqual bleu et la baleine noire de l'Atlantique Nord) d'autres comme menacés, notamment le béluga, et finalement le rorqual commun et le marsouin commun sont désignés préoccupantes.

Quatre espèces de phoques se rencontrent couramment dans le Saint-Laurent : le phoque du Groenland et le phoque à crête sont des espèces migratrices, alors que le phoque commun et le phoque gris habitent le Golfe pendant toute l'année. Dans l'estuaire, seul le phoque commun est un résidant à l'année. Les secteurs nord du Golfe accueillent parfois des phoques annelés et des phoques barbus.

Dans les 50 dernières années, la réduction des activités de chasse a permis à de nombreuses populations de phoques de connaître un essor. La chasse au phoque à crête et au phoque commun est aujourd'hui interdite. La chasse au phoque du Groenland est abondamment pratiquée

dans le Golfe, et un faible nombre de phoques gris sont capturés chaque année. Les phoques sont des espèces encore relativement mal connues. Si nous possédons de l'information sur la population de phoques du Groenland, nous ignorons à peu près tout de l'effectif des populations de phoques communs et de leurs déplacements saisonniers dans le Golfe. De même, les données qui existent sur les phoques à crête et les phoques gris sont désuets. En général, nous connaissons assez bien le régime alimentaire du phoque gris, mais très peu celui du phoque à crête et du phoque commun. En outre, les effets des contaminants sur la capacité de reproduction et le système immunitaire des phoques sont peu connus, tout comme les impacts des navires et de l'activité humaine pratiquée sur les côtes.

Aucune des populations de phoques du golfe du Saint-Laurent ne figure sur la liste des espèces préoccupantes du COSEPAC, même si certains chercheurs considèrent que les populations de phoques communs qui vivent dans l'estuaire du Saint-Laurent à longueur d'année sont en péril.



Interactions biologiques

Les eaux du Golfe sont peuplées principalement par les groupes suivants : le phytoplancton, le zooplancton, les invertébrés, les poissons proies, les gros poissons ichtyophages (qui se nourrissent de poissons), les oiseaux et les mammifères marins. Le phytoplancton représente la base même de l'écosystème marin. Les invertébrés benthiques s'en nourrissent lorsqu'il tombe au fond de l'eau, mais le zooplancton est presque son unique prédateur. Le zooplancton est absorbé à son tour par de petits poissons proies, par exemple le capelan, le lançon, le hareng et le maquereau. Ces espèces proies jouent un rôle clé dans le transfert d'énergie des producteurs secondaires (zooplancton) aux poissons et aux autres espèces situées à des niveaux trophiques supérieurs. La morue, le sébaste et le poisson plat font partie des gros poissons ichtyophages (poissons pélagiques et poissons de fond). Les cétacés, les phoques, la morue et le sébaste sont les principaux prédateurs des poissons proies, et les oiseaux marins s'en nourrissent également. La communauté benthique d'invertébrés se compose principalement de crustacés, de mollusques, d'échinodermes (oursins) et de vers, et elle comprend également des espèces comme la crevette nordique et le crabe des neiges. Ces organismes contribuent grandement au transfert d'énergie, mais les chercheurs savent encore peu de choses à leur sujet. Les mammifères marins (phoques et baleines) jouent un rôle essentiel dans les liens trophiques du Golfe; ils occupent le niveau supérieur de la chaîne alimentaire.

dans le Golfe, et un faible nombre de phoques gris sont capturés chaque année. Les phoques sont des espèces encore relativement mal connues. Si nous possédons de l'information sur la population de phoques du Groenland, nous ignorons à peu près tout de l'effectif des populations de phoques communs et de leurs déplacements saisonniers dans le Golfe. De même, les données qui existent sur les phoques à crête et les phoques gris sont désuets. En général, nous connaissons assez bien le régime alimentaire du phoque gris, mais très peu celui du phoque à crête et du phoque commun. En outre, les effets des contaminants sur la capacité de reproduction et le système immunitaire des phoques sont peu connus, tout comme les impacts des navires et de l'activité humaine pratiquée sur les côtes.

Aucune des populations de phoques du golfe du Saint-Laurent ne figure sur la liste des espèces préoccupantes du COSEPAC, même si certains chercheurs considèrent que les populations de phoques communs qui vivent dans l'estuaire du Saint-Laurent à longueur d'année sont en péril.

Interactions biologiques

Les eaux du Golfe sont peuplées principalement par les groupes suivants : le phytoplancton, le zooplancton, les invertébrés, les poissons proies, les gros poissons ichtyophages (qui se nourrissent de poissons), les oiseaux et les mammifères marins. Le phytoplancton représente la base même de l'écosystème marin. Les invertébrés benthiques s'en nourrissent lorsqu'il tombe au fond de l'eau, mais le zooplancton est presque son unique prédateur. Le zooplancton est absorbé à son tour par de petits poissons proies, par exemple le capelan, le lançon, le hareng et le maquereau. Ces espèces proies jouent un rôle clé dans le transfert d'énergie des producteurs secondaires (zooplancton) aux poissons et aux autres espèces situées à des niveaux trophiques supérieurs. La morue, le sébaste et le poisson plat font partie des gros poissons ichtyophages (poissons pélagiques et poissons de fond). Les cétacés, les phoques, la morue et le sébaste sont les principaux prédateurs des poissons proies, et les oiseaux marins s'en nourrissent également. La communauté benthique d'invertébrés se compose principalement de crustacés, de mollusques, d'échinodermes (oursins) et de vers, et elle comprend également des espèces comme la crevette nordique et le crabe des neiges. Ces organismes contribuent grandement au transfert d'énergie, mais les chercheurs savent encore peu de choses à leur sujet. Les mammifères marins (phoques et baleines) jouent un rôle essentiel dans les liens trophiques du Golfe; ils occupent le niveau supérieur de la chaîne alimentaire.

2.3 Fonctionnement de l'écosystème du golfe du Saint-Laurent

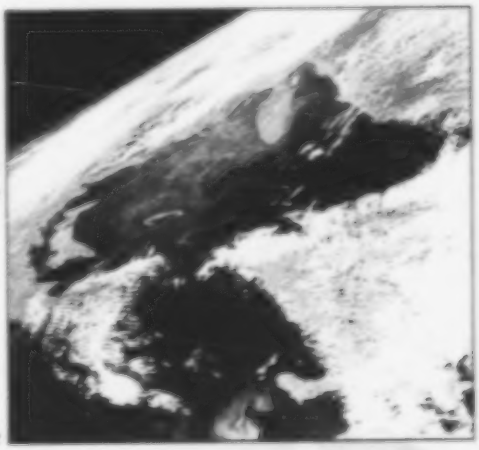
Dans les deux sections précédentes, il a été question des composantes physiques et biologiques de l'écosystème du golfe du Saint-Laurent. La section qui suit présente un aperçu de la façon dont ces composantes interagissent pour faire du Golfe un environnement unique en son genre. Autrement dit, nous examinerons la réaction biologique suscitée par les processus physiques qui interviennent dans le Golfe. Il convient de rappeler qu'il s'agit d'une description vulgarisée de processus océanographiques et biologiques très complexes.

Le golfe du Saint-Laurent est un univers tridimensionnel où les habitats, ou niches écologiques, des organismes vivants sont définis par la géologie et par les différentes caractéristiques de l'eau : les profils de circulation, les remontées d'eau, la température et la salinité. À l'approche de l'hiver, de nombreuses espèces partent à la recherche d'eaux plus chaudes où elles pourront trouver de la nourriture ou, grâce aux masses d'eau, rester en place en déployant un minimum d'effort. Puis, pendant la saison du frai, il se peut que ces espèces parcourent de longues distances pour gagner d'autres secteurs où la production primaire est élevée, où leurs larves pourront se servir des profils de circulation pour rester près de leurs sources de nourriture et où ils ont de bonnes chances de survie.

La production primaire correspond au processus pendant lequel l'énergie du soleil est convertie en tissu végétal par la photosynthèse. La production secondaire désigne la transformation du tissu végétal en tissu animal par l'ingestion. En gardant ces deux notions à l'esprit, il est facile de voir que les plantes vertes sont le fondement même de la chaîne alimentaire. L'intensité de la production primaire influe généralement sur les caractéristiques biologiques du lieu environnant, c'est-à-dire sur l'abondance des populations et la diversité des espèces qui y vivent. La quantité de nutriments présents dans l'eau régit le rythme de la production primaire. Les zones côtières où l'eau est peu profonde renferment un plus grand nombre d'espèces de poissons que les zones extracôtières.

En général, dans les eaux côtières de moins de 20 m de profondeur, les producteurs primaires visibles les plus nombreux sont les gros macrophytes tels que le varech, la mousse d'Irlande et le fucus vésiculeux, les algues corallines, les diatomées benthiques, les dinoflagellés et les graminées comme la zostère et le foin des marais de type Spartina. Le phytoplancton y est également présent. Bien souvent, les eaux chaudes et les nutriments engendrent des proliférations d'algues en quantité suffisante pour donner à l'eau une teinte verdâtre. Dans ces secteurs, les principaux consommateurs primaires sont des brouteurs et des filtreurs.

En haute mer, la production primaire a lieu dans les eaux de surface, là où la lumière du soleil est assez forte pour assurer la croissance des plantes. Les filtreurs sont concentrés dans les couches supérieures de la colonne d'eau, tandis que les gros brouteurs et les carnivores sont confinés aux couches plus profondes.



La production primaire est un cycle saisonnier qui dépend de la quantité d'énergie solaire, de nutriments et de plantes environnantes. Il s'opère deux cycles dans le golfe du Saint-Laurent. Le premier a lieu au printemps dans les eaux bien mélangées, un peu partout dans le Golfe. Dans ces zones, la production primaire correspond principalement au broutage de grandes espèces de phytoplancton par du zooplancton herbivore (c.-à-d. végétarien). Ce cycle crée un important volume de nécromasse (détritus), dont des fèces chargées de nutriments qui coulent au fond de l'eau.

L'autre cycle se met en branle lorsque les eaux de surface se réchauffent et se stratifient en été. Les nutriments des eaux de surface ont été absorbés au printemps par le plancton en croissance, et ce sont maintenant les petites espèces du phytoplancton qui dominent. Elles sont ingérées par le zooplancton omnivore (c.-à-d. des organismes qui se nourrissent à la fois de plantes et d'animaux). Au cours de ce cycle, les nutriments demeurent dans les eaux de surface plus longtemps que pendant le premier cycle.

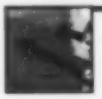
Les nutriments sont épuisés rapidement par le phytoplancton. La quantité d'azote tend à être un facteur limitatif en milieu marin (même si le phosphore ou le silicone peuvent également l'être dans certaines circonstances). La quantité de lumière représente elle aussi un facteur limitatif, tout comme la profondeur et la turbidité de l'eau. Le phytoplancton meurt ou est absorbé par les consommateurs primaires, qui produisent des fèces et meurent à leur tour, et ainsi de suite, jusqu'au sommet de la chaîne alimentaire. Les fèces et la nécromasse se décomposent et sont couvertes par des bactéries à mesure qu'elles précipitent dans la colonne d'eau. Elles prennent alors le nom de neige marine et deviennent une source de nourriture, d'abord pour le zooplancton et les poissons pélagiques, puis, lorsqu'elles parviennent au fond de l'eau, pour les organismes benthiques tels que les mollusques filtreurs. C'est ce processus qui permet aux nutriments de gagner le fond de l'eau. Des nutriments de haute qualité sont ramenés à la surface grâce à une pompe biologique qui résulte de deux facteurs : d'une part, les œufs des poissons de fond qui flottent et, d'autre part, le zooplancton et les larves de poisson qui migrent quotidiennement le long de la colonne d'eau pour se nourrir de la neige marine. Cependant, la quantité de nutriments qui parviennent jusqu'aux eaux imprégnées de soleil dépend surtout d'une pompe physique, qui engendre des remontées d'eau et des mélanges verticaux. Comme la quantité de nutriments limite la production primaire, les zones caractérisées par de nombreuses remontées d'eau ont une forte production primaire.

Le premier de ces mécanismes physiques s'assimile à une pompe estuarienne. Le fleuve Saint-Laurent procure 75 % du volume annuel moyen d'eau douce qui pénètre dans le Golfe. Les 25 % restants proviennent d'autres cours d'eau et des précipitations (c.-à-d. pluie et neige). L'eau douce étant plus légère que l'eau salée, elle coule sur la surface en transportant de l'eau salée jusqu'à sa sortie par le détroit de Cabot. L'eau qui sort du détroit Cabot se trouve à la surface, du côté de la Nouvelle-Écosse. L'eau qui sort du Golfe est remplacée par de l'eau salée qui y a pénétré par le fond, du côté du détroit de Cabot qui longe Terre-Neuve-et-Labrador. Ce profil de circulation engendre dans les chenaux des remontées d'eau qui sont décrites plus bas.

La seconde pompe physique est créée par les marées. Dans le golfe du Saint-Laurent, les marées se déplacent dans le sens contraire des aiguilles d'une montre, le centre se trouvant près des Îles de la Madeleine. Les marées ont un effet d'entonnoir aux extrémités peu profondes des chenaux, là où le passage est resserré par les deux côtes.

Ce bref aperçu nous aide à comprendre les éléments en place pour la création de zones écologiques distinctes dans le golfe du Saint-Laurent, surtout celles qui se caractérisent par une forte productivité et par une grande diversité d'espèces. Comme il s'agit d'un environnement fluide, les limites entre les différentes zones sont évidemment floues; elles sont souples et se chevauchent constamment. En général, la complexité et la diversité écologiques d'une zone donnée sont tributaires des caractéristiques physiques qui y sont réunies.

Pour aider le lecteur à comprendre les zones écologiques, nous suivrons le mode de circulation du principal courant du Golfe depuis son entrée dans le détroit de Cabot. Ce courant circule dans le sens contraire des aiguilles d'une montre sur la périphérie du Golfe jusqu'à l'embouchure du fleuve Saint-Laurent, avant de traverser complètement le Plateau madelinien pour ressortir par le détroit de Cabot, du côté de la Nouvelle-Écosse. La petite boite d'image et la barre colorée fournissent les guides visuels pour la figure d'accompagnement du Golfe et de ses courants.¶



Après avoir pénétré dans le détroit de Cabot, le courant bifurque vers la droite pour contourner le Sud-Ouest de l'île de Terre-Neuve et Labrador. Il remonte en direction du chenal d'Esquiman en décrivant des courants dans le sens des aiguilles d'une montre sans toutefois quitter la droite. Ce mouvement engendre une plongée d'eau en bordure du chenal et une remontée d'eau au centre du chenal. Le volume d'eau est restreint à l'approche des passages peu profonds que forment les chenaux d'Esquiman et d'Anticosti, de sorte qu'une partie de l'eau en mouvement s'en retourne vers le chenal Laurentien en décrivant une gyre dans le sens contraire des aiguilles d'une montre, intensifiant les remontées d'eau.

Le courant d'eau profond se divise pour pénétrer dans les deux chenaux. À l'entrée du chenal d'Esquiman, le passage est plus étroit et le fond de l'eau, beaucoup moins profond. Contrainte à un virage abrupt, l'eau bifurque vers le côté nord-ouest et crée des aires de retenue en rencontrant les masses d'eau circulant en sens opposé. Le courant est alors très lent, mais l'élan créé provoque une remontée d'eau par-dessus le fond. L'apport de nutriments supplémentaires favorise un gain de productivité, les nutriments étant emportés vers la région côtière adjacente. Cette productivité, accrue par le mélange tidal dans la période cruciale de l'été, est associée aux phénomènes de remontées d'eau et de mélange vertical qui surviennent généralement à l'entrée d'un canyon ou d'un chenal. Cette zone représente donc une importante aire de frai et de croissance pour les espèces des eaux profondes telles que la crevette, de même qu'une aire d'hivernage pour plusieurs espèces commerciales.

Une petite partie de la masse d'eau se trouvant près de la surface quitte le Golfe par le côté terre-neuvien du détroit de Belle-Isle, mais le reste fait demi-tour pour longer la Côte-Nord et se fondre au courant qui arrive du détroit. Cette volte-face dans le sens contraire des aiguilles d'une montre, favorisée par le mélange tidal, crée une zone dynamique et productive qui sert d'habitat à l'important stock de pétoncles du détroit de Belle-Isle.

Le courant poursuit sa course le long de la Côte-Nord, au large d'une zone d'îles, de petits fonds et de marais salés. Les profils de circulation et le mélange tidal font de ces eaux une zone propice à la croissance des poissons juvéniles. Ces zones représentent des habitats importants pour plusieurs espèces de phoques, de baleines et de poissons juvéniles.

Augmenté d'une couche d'eau froide intermédiaire, le courant de la Côte-Nord rejoint l'eau qui remonte le côté nord du chenal d'Anticosti. À mesure que le passage se resserre et que le fond marin devient moins profond, l'eau remonte à la surface et pivote dans le sens contraire des aiguilles d'une montre pour ensuite couler en direction est le long de la côte nord de l'île d'Anticosti, formant la seconde entrée du chenal. À cet endroit, le chenal se resserre encore davantage et le fond marin monte abruptement, créant ainsi un entonnoir pour les marées entre la Côte-Nord et l'île d'Anticosti. Les mélanges et les niveaux de la marée sont donc accrus ici. Ces zones profitent toutes de l'apport de nutriments et des aires de retenue transitoires que créent les courants côtiers.

Le courant peu profond qui traverse le détroit de Jacques-Cartier rejoint le courant profond qui remonte le chenal Laurentien pour former, à l'ouest de l'île, une grande circulation dans le sens contraire des aiguilles d'une montre. Ces eaux sont bordées au sud par le courant d'eau douce qui arrive du fleuve Saint-Laurent. La zone est caractérisée par un grand nombre de remontées d'eau et de mélanges: citons notamment l'effet des marées, qui soulèvent la couche intermédiaire et les couches profondes par-dessus les seuils à l'entrée du chenal, donnant lieu à de nombreux mélanges et, par conséquent, à de grandes quantités de nutriments, même lorsque le volume d'eau issu du fleuve est bas. C'est une région importante qui sert de frayère au sébaste et d'habitat à la crevette et aux baleines.

Le courant profond qui quitte le chenal d'Anticosti décrit un grand arc autour de l'extrémité est de l'île avant de rejoindre le courant principal qui remonte le chenal Laurentien. Il décrit des courants dans le sens des aiguilles d'une montre à l'est de l'île d'Anticosti, secteurs de forte productivité et de grande biodiversité où les poissons de fond viennent déposer leurs œufs.

Le détroit d'Honguedo se resserre et perd de sa profondeur, ce qui empêche l'eau de remonter le chenal Laurentien et comme à l'entrée de tous les autres chenaux, les masses d'eau profondes pivotent dans le sens contraire des aiguilles d'une montre et provoquent une remontée d'eau, créant ainsi un secteur fréquenté par les baleines localisé directement au sud de la côte est de l'île d'Anticosti.

Le courant de Gaspésie, l'apport d'eau du Saint-Laurent et les remontées d'eau à l'entrée du chenal du Saint-Laurent sont à l'origine de la zone la plus productive du Golfe tant pour la production primaire que pour la production secondaire le long des rivages sud de l'estuaire Laurentienne et le détroit d'Honguedo. Les petits fonds et les bas fonds intertidaux qui bordent le rivage sont très fertiles et servent d'aires d'alimentation à de nombreuses espèces de poissons. Cette productivité s'étend jusqu'à l'autre extrémité du Plateau madelinien, les niveaux de productivité et le volume de nutriments baissant généralement vers l'est et vers le sud.

Le courant côtier poursuit sa course jusque dans la baie des Chaleurs, même si la majeure partie de l'eau bifurque vers l'Île-du-Prince-Édouard et les Îles de la Madeleine. Il se forme plusieurs gyres dans le sens des aiguilles d'une montre le long de la côte du Nouveau-Brunswick, au large de l'entrée de la baie des Chaleurs et à chaque extrémité de la vallée de Shédiac. Les vents du sud-ouest créent d'autres circulations temporaires dans cette région. Ces zones sont très importantes parce qu'elles concentrent la production de surface dans une aire de retenue transitoire, dont un grand nombre d'espèces de poissons, de mammifères marins et d'oiseaux se servent pour le frai, la croissance des juvéniles et l'alimentation. En raison de la stabilité de ces caractéristiques physiques, la zone sert d'habitat à de nombreuses espèces de poissons et d'invertébrés adultes (hareng, maquereau, morue, capelan, bar rayé, homard, pétoncle et crabe) et à leurs larves pélagiques. En outre, ces eaux sont bien connues comme aire de frai pour le hareng et le maquereau et comme aire de croissance pour divers invertébrés benthiques tels que le homard, le pétoncle et le crabe.

En quittant le côté sud de la baie des Chaleurs, le courant bifurque vers la droite pour rejoindre le courant côtier qui circule vers le sud le long de la côte du Nouveau-Brunswick. Il crée alors une puissante circulation dans le sens des aiguilles d'une montre qui est intensifiée par d'importants mélanges verticaux dans les environs. Il en résulte une série d'endroits productifs et fragiles. Ces zones hautement productives sont fréquentées par le maquereau, le capelan, le hareng, la morue et de nombreuses autres espèces qui s'en servent comme aires de croissance des juvéniles.

Dépliez pour une carte agrandie

Dépliez pour une carte agrandie

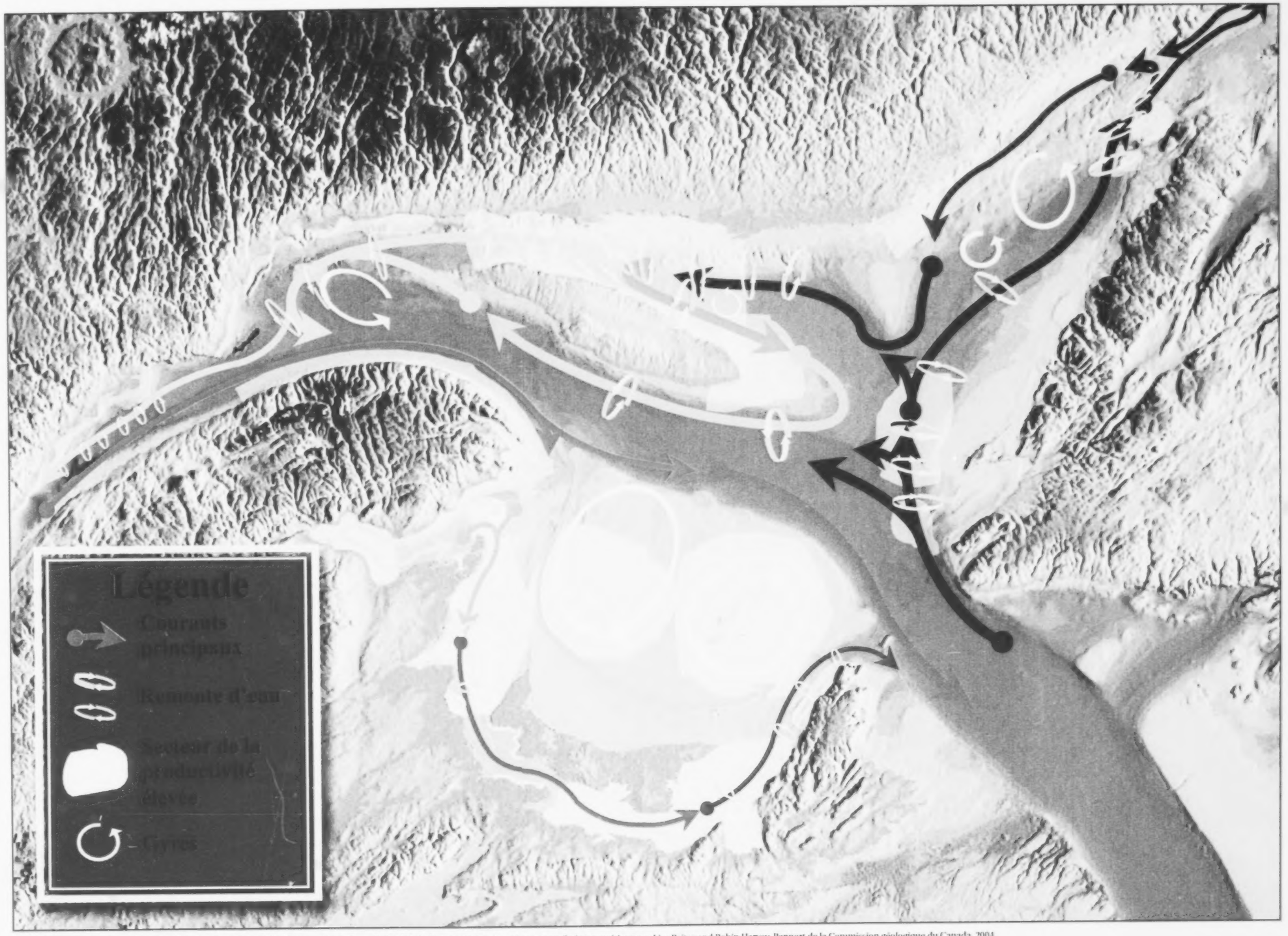
L'eau du détroit de Northumberland circule d'ouest en est, le long d'une série de zones côtières et océaniques peu profondes. Cette circulation d'eau, combinée à un fort mélange tidal, a donné naissance à un ensemble de zones hautement productives mais fragiles. La production primaire et la production secondaire sont concentrées dans les gyres et les aires de retenue de ces eaux relativement peu profondes. Les matières organiques riches en nutriments qui se trouvent dans les eaux de surface sont transportées vers le fond et soutiennent ainsi des communautés benthiques très productives (pétoncles, homards, moules, huîtres, etc.). Les gyres agissent également comme des aires de croissance pour les larves et les juvéniles des mollusques et des crustacés de la région. Les marais salés et les battures qui bordent les côtes du Nouveau-Brunswick, de la Nouvelle-Écosse et de l'Île-du-Prince-Édouard accueillent un grand nombre d'invertébrés et de poissons proies. Ils renferment notamment plusieurs frayères pour le hareng et la merluche blanche, de même que des aires de mise bas pour les phoques.

Avant de quitter le golfe du Saint-Laurent, les courants longent la côte ouest du Cap-Breton, là où l'eau qui traverse les petits fonds bifurque vers le nord-est pour descendre la dépression qui longe l'est de l'île. L'eau profonde du chenal est poussée vers la surface du côté de la mer. Ici encore, comme dans tout chenal, les remontées et les mélanges d'eau accroissent la productivité et la diversité. Ce secteur sert de couloir d'entrée dans le golfe du Saint-Laurent à plusieurs espèces migratrices.

Le banc Bradelle et le banc de l'Orphelin se trouvent à l'extrémité aval du courant de Gaspésie. Au début de l'été, les maquereaux prêts à frayer profitent grandement de la circulation dans le sens des aiguilles d'une montre qui caractérise généralement les bancs.

Ballottées par le courant de Gaspésie, les Îles de la Madeleine se trouvent au centre de l'oscillation tidale, qui, dans le Golfe, s'opère dans le sens contraire des aiguilles d'une montre. Le côté ouest est couvert de vastes battures et de marais salés, tandis que les deux extrémités et le côté est subissent l'influence d'un fort mélange tidal. Cette combinaison crée une zone très productive pour les oiseaux et les poissons juvéniles.

Ce bref aperçu illustre l'influence combinée des courants d'eau douce et de marée, des sources de nutriments et de la géologie pour créer dans le Golfe des zones de forte productivité et de grande diversité biologique. Ces mécanismes fonctionnent aussi de la même façon à plus petite échelle – dans les baies et les estuaires et dans le détroit de Northumberland. Dans chacune de ces zones écologiquement distinctes, il se peut que certaines espèces ou certains groupes d'espèces servent d'indicateurs aux scientifiques qui cherchent à mesurer ou à surveiller la santé de l'écosystème ou le stress causé par l'activité humaine.



"Atlas of the Marine Environment and Seabed Geology of the Gulf of St. Lawrence" Compilation Géologique par Heiner Josenhans, compilation numérique par Lisa Peitso and Robin Harvey. Rapport de la Commission géologique du Canada, 2004.

2.4 Systèmes humains autour du golfe du Saint-Laurent

La présente section donne un aperçu des structures de gouvernance, des établissements humains et des activités commerciales et industrielles, à savoir: la pêche commerciale, l'exploration pétrolière et gazière, le transport maritime, l'aquaculture et les activités terrestres.

Dans la section 3, nous examinerons brièvement les problèmes que chacune de ces activités pourrait entraîner pour l'écosystème du golfe du Saint-Laurent.

2.4.1 Structures de gouvernance

Dans le golfe du Saint-Laurent, la structure de gouvernance consiste en un réseau d'administrations fédérales, provinciales, municipales et autochtones ainsi que d'organismes environnementaux. La complexité de cette structure se reflète dans les diverses lois qui régissent les milieux marins, les côtes et les ressources du Golfe, de même que les activités qui y sont exercées. Les gouvernements et les organismes ont tous un intérêt dans la gestion des océans et le développement durable des ressources et des régions marines et côtières, mais le cadre multilatéral de cette structure de gouvernance représente peut-être l'un des plus grands obstacles à la mise en œuvre d'un plan de gestion intégrée pour le golfe du Saint-Laurent.

La gouvernance, la réglementation et la gestion des activités exercées dans le golfe du Saint-Laurent sont la responsabilité de tout un éventail de ministères et d'organismes gouvernementaux, à savoir le gouvernement du Canada, les gouvernements provinciaux du Québec, du Nouveau-Brunswick, de la Nouvelle-Écosse, de l'Île-du-Prince-Édouard et de Terre-Neuve-et-Labrador, d'un grand nombre de municipalités et de comtés ainsi que de divers conseils, autorités et organismes de développement économique.

Au gouvernement fédéral, le secteur des océans relève de plus de 20 ministères ou organismes qui sont chargés de la mise en œuvre de règlements, de lois, de programmes ou de services. Outre le gouvernement fédéral, les provinces participent activement à la gestion et à la réglementation des ressources du Golfe.

À cette structure viennent se greffer des Premières nations, des associations et des groupes industriels ainsi que des organismes non gouvernementaux qui s'intéressent ou qui participent directement à la gestion des ressources du Golfe, de ses côtes et de ses estuaires. Certains sont déjà bien connus et s'impliquent pleinement. Il sera important d'identifier le plus grand nombre d'intervenants possible et de solliciter leur participation.

2.4.2 Établissements humains

Cette section résume brièvement le profil démographique et socioéconomique des cinq provinces qui bordent le golfe du Saint-Laurent, et le tableau présente

Tableau 1 – Principaux indicateurs socioéconomiques : cinq provinces

Province	Population		Écart net	Age médian* (2001)	Revenu total médian** (2002)
	1996	2001			
Québec	7 138 795	7 237 479	1,4 %	38,8	20 665 $
Nouveau-Brunswick	738 133	729 498	-1,2 %	38,6	18 257 $
Nouvelle-Écosse	909 282	908 007	-0,1 %	38,8	18 735 $
Île-du-Prince-Édouard	134 557	135 294	0,5 %	37,7	18 880 $
Terre-Neuve-et-Labrador	551 795	512 930	-7 %	38,4	16 050 $

* L'âge qui divise la population en deux parties égales – la moitié de la population n'a pas encore atteint cet âge, et l'autre moitié l'a dépassé.
** La moitié de la population a un revenu supérieur à cette somme, et l'autre moitié a un revenu inférieur à cette somme.

quelques indicateurs clés. Des cinq provinces, seuls le Québec et l'Île-du-Prince-Édouard ont une population croissante. Les régions rurales sont durement touchées par l'exode, en particulier celles de Terre-Neuve-et-Labrador.

La structure économique des collectivités situées sur les côtes du golfe du Saint-Laurent repose essentiellement sur le secteur primaire. Bon nombre de collectivités dépendent d'une seule industrie, comme la pêche, l'exploitation forestière ou l'exploitation minière. Les collectivités tributaires d'une mono-industrie ont de la difficulté à se remettre de grands bouleversements comme la fermeture de la pêche commerciale de la morue dans le golfe du Saint-Laurent, qui est survenue au début des années 1990. Le déclin d'une industrie majeure est souvent suivi d'un exode de la main-d'œuvre. Dans bien des cas, l'avenir des collectivités côtières dépend peut-être de leur capacité d'intégrer les principes de conservation et de prudence dans leurs plans municipaux et leurs plans de gestion côtière ainsi que de leur capacité de tirer parti des industries naissantes.

2.4.3 Activités humaines et industrielles

Dans une certaine mesure, toutes les activités humaines et industrielles risquent de nuire aux zones côtières et marines et aux ressources du Golfe. Ces dernières années, les industries naissantes telles que l'exploration et l'exploitation pétrolières et gazières, l'aquaculture et le tourisme ont connu un vif essor partout dans le Golfe. Depuis le moratoire sur la pêche du poisson de fond, qui a été imposé au début des années 1990, l'industrie de la pêche commerciale a évolué en exerçant des pressions sur un certain nombre d'espèces jusque-là sous-exploitées, telles que le crabe des neiges et la crevette. Ce bouleversement de l'industrie de la pêche a fait naître un intérêt soutenu pour l'aquaculture, une industrie qui pourrait être synonyme de prospérité économique pour de nombreuses collectivités côtières, mais qui risque également de nuire à l'écosystème marin si elle n'est pas gérée adéquatement.

L'industrie du transport maritime contribue pour beaucoup à l'économie, non seulement des collectivités côtières du Golfe, mais du Canada tout entier. Cependant, cette activité a un coût environnemental. Les navires rejettent continuellement des contaminants dans l'environnement, que ce soit par leurs déchets, leur eau de cale ou leur eau de lest. Les chercheurs pensent que plusieurs espèces envahissantes auraient été introduites dans le Golfe par l'eau de lest des navires. Les industries terrestres telles que la production de pâtes et papiers, l'exploitation minière et le traitement des minerais, la transformation du poisson et l'agriculture libèrent des contaminants et des nutriments dans les eaux marines, tout comme les eaux usées municipales. Bon nombre de ces industries se font concurrence pour l'espace marin. Du même coup, plusieurs, par exemple les industries de la pêche, de l'aquaculture et du tourisme, ne peuvent survivre sans un environnement marin propre, sain et durable.

Le golfe du Saint-Laurent est le théâtre de toute une série d'activités humaines ou industrielles (voir l'encadré ci-bas). Comme il a déjà été mentionné, nous nous concentrerons ici sur les cinq activités qui risquent le plus de nuire aux fonctions écologiques du golfe du Saint-Laurent. Les voici : la pêche commerciale (y compris la chasse au phoque à des fins commerciales), l'exploration pétrolière et gazière, le transport maritime, l'aquaculture et les activités terrestres (le rejet d'eaux usées municipales, la production de pâtes et papiers, l'exploitation minière et le traitement des minerais, la transformation des aliments et l'agriculture). Dans cette section, il sera question de l'importance économique de chacune de ces activités dans les collectivités du Golfe, parce qu'il s'agit d'un indicateur d'intensité relative.

Types d'activités humaines et industrielles dans le golfe du Saint-Laurent

- Pêche commerciale
- Exploration et exploitation pétrolières et gazières
- Transport et navigation maritimes
- Aquaculture
- Activités terrestres (rejet d'eaux usées municipales, production de pâtes et papiers, exploitation minière et traitement des minerais, transformation des aliments et du poisson, tourisme, agriculture)
- Exploitation forestière
- Rejet en mer
- Pose de câbles et de pipelines sous-marins
- Pêche récréative et pêche autochtone
- Entretien des chenaux
- Entreposage d'hydrocarbures
- Projets hydroélectriques

Pêche commerciale (et chasse commerciale au phoque)

Le ministère des Pêches et des Océans du Canada (MPO) est le principal organe de réglementation des pêches dans les eaux canadiennes. Les gouvernements provinciaux jouent un rôle important dans le développement économique et l'exploitation des ressources en préconisant la conservation et la durabilité. Le Conseil pour la conservation des ressources halieutiques est un comité consultatif fédéral qui recommande des mesures de conservation au ministre des Pêches et des Océans. Il existe également un réseau de comités d'intervenants multiples qui participent à la gestion et à la conservation de la ressource, notamment des comités consultatifs régionaux et provinciaux.

La pêche commerciale était autrefois le moteur économique de nombreuses collectivités côtières dans tout le golfe du Saint -Laurent. Dans les années 1990, l'exploitation intensive des poissons de fond s'est soldée par un moratoire sur la pêche de la morue et du sébaste. Des milliers d'emplois ont été perdus. Ce moratoire a marqué un tournant pour l'industrie. Même si la pêche du poisson de fond demeure une activité importante, les invertébrés (crevette, crabe des neiges, homard, mye et pétoncle) et les espèces pélagiques (hareng, maquereau et capelan) dominent aujourd'hui les débarquements. Le tableau 2 qui suit montre les changements enregistrés dans les débarquements et les valeurs correspondantes, par catégorie, au cours de cette période. En 1990-1991, par exemple, le poisson de fond représentait 24 % de la valeur au débarquement de l'ensemble des captures, alors que, de 1997 à 2001, ce pourcentage était passé à 5 %. Les invertébrés représentaient les deux tiers de la valeur au débarquement des captures de 1990-1991. Ils en représentaient près de 90 % pour la période comprise entre 1997 et 2001.

La récolte des plantes marines (mousse d'Irlande et algue rouge Ahnfeltia plicata), une activité relativement récente dans le Golfe, se concentre essentiellement à l'Île-du-Prince-Édouard.

Tableau 2 – Débarquements – Pourcentage et valeur par espèce, 1990-1991 et 1997-2001

	1990-1991		1997-2001	
	Débarquements	Valeur	Débarquements	Valeur
Poisson de fond	38,7 %	24,1 %	8 %	5,1 %
Espèces pélagiques	34,5 %	8,2 %	48 %	6,6 %
Invertébrés	22,7 %	66,6 %	41 %	88 %
Plantes marines	4,1 %	1,1 %	3 %	0,3 %
Total	100 %	100 %	100 %	100 %

Source des données provisoires : gracieuseté du MPO, Direction des politiques et des services économiques; Division des statistiques, 2003.

Tableau 3 – Volume annuel moyen des débarquements et valeur correspondante, par région du MPO, 1997-2001		
Région du MPO	**Quantité (tonnes métriques)**	**Valeur ($)**
Ouest de Terre-Neuve	40 796	41 765 000 $
Golfe	135 387	304 589 000 $
Québec	46 886	120 751 000 $
Total – golfe du Saint-Laurent	223 069	467 105 000 $

Source des données provisoires : gracieuseté du MPO, Direction des politiques et des services économiques; Division des statistiques, 2003.

Le MPO est le principal ministère chargé de la gestion de la chasse commerciale au phoque. Le phoque du Groenland est jusqu'ici la principale espèce exploitée par les chasseurs. Dans les provinces de l'Atlantique, le total autorisé des captures de phoques du Groenland augmente de façon continue depuis le début de la chasse, dans les années 1960. Malgré tout, le recrutement dépasse le nombre d'individus récoltés. La valeur estimative au débarquement (région de l'Atlantique) est passée de 5,5 millions de dollars en 2001 à 21 millions en 2002, en raison de conditions extrêmement favorables sur les marchés.

La chasse au phoque gris se limite à une récolte traditionnelle à faible échelle dans une zone située au large des Îles de la Madeleine. La chasse au phoque à crête et au phoque commun n'est pas pratiquée dans le golfe du Saint-Laurent. Depuis quelques années, des permis de chasse au phoque à des fins personnelles sont délivrés à des particuliers qui habitent près de territoires de chasse historiques à Terre-Neuve-et-Labrador, sur la Côte-Nord, en Gaspésie et aux Îles de la Madeleine.

Pétrole et gaz

L'exploration pétrolière et gazière est pratiquée depuis plus de 160 ans dans les cinq provinces qui bordent le golfe du Saint-Laurent. La plupart de ces activités ont lieu sur le rivage, et les découvertes sont très peu importantes. Il reste encore à trouver dans le golfe du Saint-Laurent des gisements comparables aux nappes de pétrole et de gaz découvertes en haute mer dans l'océan Atlantique (c.-à-d. dans les Grands Bancs et le plateau néo-écossais). L'industrie pétrolière et gazière des eaux extracôtières de l'Atlantique est maintenant responsable de quelque 7 % de la production totale du Canada.

Grâce à l'avènement de nouvelles technologies et à des découvertes intéressantes à l'ouest de Terre-Neuve-et-Labrador au milieu des années 1990, les activités d'exploration s'intensifient le long de la Gaspésie, de l'île d'Anticosti et des îles de la Madeleine, secteurs du Québec où les bassins sédimentaires sont géologiquement semblables à ceux des eaux situées à l'ouest de Terre-Neuve-et-Labrador. Sept puits d'essai ont été forés jusqu'à présent.

L'exploration se fait principalement par des relevés sismiques, méthode qui permet de cartographier les couches de roche qui se trouvent bien en-dessous de la surface terrestre, puis d'en répertorier les propriétés, afin de mieux comprendre les structures géologiques des bassins sous-jacents. Les données, qui sont obtenues, ne prouvent pas nécessairement l'existence de gisements pétroliers ou gaziers, mais elles révèlent l'emplacement le plus probable des nappes d'hydrocarbures (c'est-à-dire qu'elles restreignent le champ de recherche). Le canon à air est l'outil le plus souvent utilisé pour ces types de relevés.

L'exploration pétrolière et gazière, en haute mer ou dans le Golfe, devrait s'intensifier par suite de la hausse des prix du pétrole, du repli prévu de l'offre de pétrole et de gaz de qualité supérieure provenant de l'Ouest canadien ainsi que de la signature de nouvelles ententes de partage des recettes entre le gouvernement du Canada et les gouvernements de Terre-Neuve-et-Labrador et de la Nouvelle-Écosse. La partie sud du Golfe pourrait devenir une importante région productrice de gaz naturel.

Huit entités gouvernementales se partagent la responsabilité de l'exploration et de l'exploitation pétrolières et gazières dans le golfe du Saint-Laurent et les régions côtières environnantes. Elles devront à tout prix adopter une approche intégrée et travailler de concert à maximiser le potentiel des ressources de l'industrie, tout en réduisant au minimum les conflits entre groupes d'utilisateurs et les effets néfastes sur l'écosystème, qu'ils aient été engendrés par les activités d'exploration ou par les travaux de mise en valeur.

Transport maritime

La Voie maritime du Saint-Laurent et le Golfe forment un important corridor maritime qui relie le Centre et l'Est du Canada aux marchés internationaux. Chaque année, quelque 6 400 navires marchands traversent le détroit de Cabot, principale porte d'entrée et de sortie du Golfe. Le détroit de Belle-Isle constitue une voie maritime saisonnière (de juin à janvier) pour le commerce avec les pays européens.

Les gros navires de charge traversent le Golfe en transportant à leur bord toutes sortes de marchandises, notamment du pétrole brut et d'autres produits pétroliers, du minerai métallique, du minerai non métallique et du minerai sous-produit, des produits chimiques, du papier journal, de la pâte à papier et d'autres produits forestiers, du charbon et de la coke pour la production d'acier ainsi que des produits agricoles (principalement du maïs, du blé et des aliments pour animaux). Divers autres navires circulent dans le Golfe, dont des traversiers à passagers et des transbordeurs à véhicules, des remorqueurs et des barges, des paquebots de croisière, des yachts privés, des bateaux de plaisance, des navires d'excursion commerciaux (c.-à-d. observation des baleines) et des bateaux de pêche commerciale.

La densité du trafic maritime dans le Golfe suscite certaines craintes quant à la sécurité maritime, à la gestion de la circulation maritime, à la sécurité des ports ainsi qu'à la protection du milieu, de la faune et des écosystèmes marins.

Transports Canada et la Garde côtière canadienne assument un rôle de premier plan dans la réglementation et la gestion de la circulation maritime dans les eaux canadiennes. Ils sont épaulés dans cette tâche par divers autres ministères et organismes fédéraux.

Aquaculture

Dans la dernière décennie, l'industrie aquacole a donné un important élan à l'économie de nombreuses collectivités rurales et côtières du golfe de Saint-Laurent. La croissance de cette industrie est stimulée par une hausse de la demande mondiale de fruits de mer et par le repli de la pêche de plusieurs espèces commerciales. L'industrie de l'aquaculture est promise à un brillant avenir, même s'il faudra faire d'importants investissements dans la recherche-développement, aussi bien pour acquérir la technologie nécessaire que pour mieux comprendre et gérer les impacts environnementaux possibles et les conflits entre utilisateurs de l'océan.

Dans le golfe du Saint-Laurent, l'activité aquacole est dominée par l'élevage des mollusques, principalement l'huître et la moule bleue. La région compte quelque 1 800 exploitations aquacoles, dont 96 % sont concentrées au Nouveau-Brunswick, en Nouvelle-Écosse et à l'Île-du-Prince-Édouard.

L'industrie de l'aquaculture est régie par des lois fédérales et provinciales. À la fin des années 1980, le gouvernement fédéral a signé un protocole d'entente avec le Québec et les quatre provinces de l'Atlantique afin de leur transférer la responsabilité du développement de l'aquaculture. Le MPO demeure responsable de la délivrance des baux et des permis à l'Île-du-Prince-Édouard, mais pas dans les autres provinces.

Activités terrestres

Comme il a été indiqué plus tôt, il s'exerce dans le Golfe tout un éventail d'activités humaines qui sont susceptibles d'avoir des incidences sur l'écosystème. Ces activités occupent une grande place dans l'économie des collectivités locales et du golfe Saint-Laurent tout entier. Environ 80 % des contaminants qui aboutissent dans la mer viennent probablement de sources terrestres et ont été emportés soit directement par les voies navigables, soit par les égouts pluviaux ou les trop-plein. Les paragraphes qui suivent décrivent six grandes activités terrestres : rejet d'eaux usées municipales, production de pâtes et papiers, exploitation minière et traitement des minerais, transformation des aliments, tourisme et loisirs et, enfin, agriculture.

Rejet d'eaux usées municipales

Comme dans d'autres régions côtières, les eaux usées domestiques et industrielles produites dans les régions entourant le Golfe sont en grande partie rejetées dans les eaux côtières, les baies et les estuaires du Golfe, soit à l'état brut, soit après une certaine forme d'épuration. Elles forment un mélange complexe de débris flottants, de produits à base de pétrole, de matières en suspension, de bactéries, de virus et de métaux lourds.

Les scientifiques commencent tout juste à avoir un portrait clair des substances qui sont déversées dans les eaux du Golfe. Les données préliminaires qu'ils ont recueillies donnent à penser ce qui suit :

- Au Québec, la plupart des grandes collectivités épurent leurs eaux usées; cependant, un grand nombre de petites localités, surtout en Gaspésie et dans la Basse-Côte-Nord, n'ont aucune installation d'épuration;
- Les stations d'épuration sont rares dans l'Ouest de Terre-Neuve-et-Labrador; de nombreuses collectivités déversent leurs eaux usées brutes dans la mer;
- La majorité des collectivités du Nouveau-Brunswick soumettent leurs eaux usées à une quelconque forme d'épuration;
- À l'Île-du-Prince-Édouard, 16 % de la population n'est pas desservie par une station d'épuration des eaux usées;
- En Nouvelle-Écosse, les services d'épuration varient d'un comté à l'autre. Environ 75 % des collectivités des comtés de Colchester, de Cumberland et de Pictou ont un système d'épuration quelconque. Dans les comtés d'Antigonish et d'Inverness, cette proportion baisse à moins de 25 %.

Production de pâtes et papiers

L'économie d'un grand nombre de collectivités côtières repose sur les pâtes et papiers. Le Québec et les quatre provinces de l'Atlantique comptent près de 80 usines de pâte, de papier et de carton, dont près de 20 sont établies à proximité du Golfe, de l'estuaire ou des voies navigables qui y sont reliées. On estime à 7 000 le nombre de travailleurs qui dépendent de cette industrie autour du Golfe. L'Île-du-Prince-Édouard est la seule province qui n'a pas d'industrie de pâtes et papiers.

Bon nombre de ces exploitations transforment la pâte brute, alors que d'autres se concentrent sur la production d'articles de transformation secondaire, tels que des boîtes, des contenants, des produits sanitaires, du papier couché et du papier contrecollé.

Depuis 1992, les usines de pâtes et papiers du pays sont assujettis à de nouveaux règlements fédéraux et provinciaux qui imposent des normes plus rigoureuses pour le rejet d'effluents liquides. Toutes les usines de pâtes et papiers sont tenues de réaliser une Étude de suivi des effets sur l'environnement aux trois ans afin de surveiller les impacts de leurs effluents sur l'environnement.

Exploitation minière et traitement des minerais

L'exploitation minière est un autre pivot de l'économie. Sur le pourtour du Golfe, un peu plus de 35 entreprises du secteur minier sont en exploitation au Québec, au Nouveau-Brunswick, en Nouvelle-Écosse et à Terre-Neuve-et-Labrador. Bon nombre d'entre elles extraient des matières brutes, alors que d'autres fabriquent des produits raffinés tels que des panneaux de revêtement, de la brique, des aliments pour animaux et des engrais. L'Île-du-Prince-Édouard compte un faible nombre d'installations de production d'agrégats et de tourbe.

Transformation des aliments

La transformation du poisson et d'autres aliments (c.-à-d. légumes, fruits, produits laitiers, viandes et œufs) contribue pour beaucoup à l'économie des collectivités côtières du Golfe. Cette industrie crée également un grand nombre d'emplois. La région compte plus de 400 usines de transformation d'aliments, dont près de 300 qui se spécialisent dans la transformation du poisson.

Les méthodes de collecte des données sur les usines de transformation varient d'une province à l'autre, ce qui complique grandement le processus de compilation des renseignements. Cependant, les usines utilisent et rejettent toutes de l'eau dans l'exercice de leurs activités quotidiennes, et ces effluents peuvent avoir des impacts sur l'écosystème (rejet de matières organiques et de débris flottants, appauvrissement de la teneur en oxygène et libération de composés toxiques). Ils peuvent également avoir des conséquences fâcheuses pour d'autres industries, telles que le tourisme.

Tourisme et loisirs

L'industrie du tourisme et des loisirs est devenue l'un des secteurs les plus importants de l'économie. Il est prévu que le tourisme deviendra l'une des principales industries du monde entier d'ici 2015. Cette tendance se reflète certainement dans la région du golfe du Saint-Laurent, où le tourisme connait une croissance fulgurante depuis 10 ans.

Cet essor exerce toutefois des pressions sur certains environnements fragiles, notamment sur les milieux marins et sur les zones côtières environnantes. Pour que l'industrie touristique puisse continuer de prospérer, il faut pouvoir offrir aux touristes des milieux propres, sains et durables.

L'impact du tourisme sur l'environnement suscite moins d'inquiétudes que les incidences des autres activités humaines décrites dans la présente section. Malgré tout, il est important de surveiller de près certaines activités particulières, telles que l'observation des baleines, la pêche récréative et la navigation de plaisance, pour en évaluer les effets au cas par cas.

Agriculture

L'industrie de l'agriculture joue un rôle déterminant dans l'activité socioéconomique des provinces entourant le golfe du Saint-Laurent. En 2000, les recettes monétaires agricoles des quatre provinces de l'Atlantique et du Québec totalisaient 7,5 milliards de dollars, et le Québec

Tableau 4 – Nombre de fermes et superficie des terres agricoles en 2000 – Régions côtières bordant le Golfe			
Province	Nombre d'exploitations agricoles	Superficie des terres agricoles (en hectares)	Recettes monétaires agricoles (pour toute la province, en milliers de dollars)
Québec	5 120	603 320	6 100 000 $
Nouveau-Brunswick	1 008	105 549	445 000 $
Nouvelle-Écosse	1 638	198 008	460 000 $
Île-du-Prince-Édouard	1 845	261 482	396 000 $
Terre-Neuve-et-Labrador	151	12 301	90 000 $
Total	9 762	1 180 660	7 491 000 $

Source : Ministère des Pêches et des Océans, 2005.

représentait 80 % de ce total (ces chiffres représentent le total enregistré pour les provinces entières, et non seulement pour les régions entourant le Golfe). Le tableau qui suit présente un aperçu de l'activité agricole dans les régions côtières qui donnent sur le golfe du Saint-Laurent.

3. Aperçu des enjeux touchant le golfe du Saint-Laurent

Le présent aperçu des enjeux consiste en un survol préliminaire et très général des principales préoccupations suscitées par les activités humaines dans la région du golfe du Saint-Laurent, selon les connaissances actuelles. Le but visé est de susciter la discussion, de cerner les renseignements manquants et d'orienter les recherches futures et l'élaboration de politiques. Il n'est sans doute pas exagéré de dire que les interactions traitées dans la présente partie ne représentent que la « pointe de l'iceberg » en ce qui concerne les répercussions de l'activité humaine sur le Golfe.

Nous allons examiner cinq grandes activités, soit l'exploration pétrolière et gazière, la pêche commerciale, le transport maritime, l'aquaculture et les activités terrestres (production de pâtes et papiers, transformation du poisson et rejet d'eaux usées).

3.1 Principales activités humaines, stresseurs et sources d'inquiétude – Résumé

Tableau 5 – Résumé des principales activités humaines, des principaux stresseurs et des principales sources d'inquiétude

Activités	Principaux stresseurs	Principales sources d'inquiétude
Pêche commerciale : • La pêche est assujettie à de nombreux règlements (type d'engins, espèces ou groupes d'espèces); • Il faudra des recherches plus poussées pour déterminer l'impact de la pêche sur l'habitat et l'écosystème.	• Perte de biomasse (déséquilibre de la structure du réseau trophique); • Endommagement ou destruction de l'habitat par les engins de pêche; • Récolte d'espèces proies qui servent de base à la chaîne alimentaire (c.-à-d. pêche du krill ou du capelan); • Pêche fantôme par des engins perdus ou endommagés; • Introduction ou transfert d'espèces envahissantes.	• Intégrité de l'environnement et biodiversité; • Durabilité des pêches; • Conflits entre types d'engins et groupes d'utilisateurs; • Gestion par espèce; • Blessures accidentelles aux espèces en péril; • Utilisation de produits antisalissures (sur des navires, etc.).
Exploration pétrolière et gazière (relevés sismiques et forage exploratoire à l'appui de l'industrie du pétrole et du gaz) : • L'industrie en est encore au stade exploratoire, mais on peut s'attendre à ce que les activités s'intensifient sensiblement; • Les recherches sont stimulées par la création du Centre de recherche environnementale sur le pétrole et le gaz extracôtiers (CREPGE).	**Relevés sismiques** • Bruit créé par l'utilisation fréquente et prolongée de canons à air; • Déversements accidentels d'hydrocarbures; • Collisions avec des navires (mammifères marins et reptiles); • Introduction d'espèces envahissantes par le changement d'eau de l'est (les navires). **Forage exploratoire** • Débris et équipement laissés au fond de l'eau; • Déversements accidentels d'hydrocarbures; • Déblais/boue de forage; • Pollution par le bruit et la lumière; • Introduction d'espèces envahissantes (plateformes et navires de ravitaillement).	• De nombreux impacts connus sur les mammifères marins et les poissons, à l'état d'œufs, de larves, de juvéniles et d'adultes; • Conflits entre l'industrie pétrolière et d'autres utilisateurs; • Esthétique des paysages terrestres et marins; • Effets négatifs sur l'écotourisme – c.-à-d. changement des profils migratoires des baleines ou comportement d'évitement qui pourrait nuire aux excursions d'observation des baleines; installations de forage inesthétiques; • Plages souillées et mortalité d'animaux; • Impacts sur la pêche commerciale et les exploitations aquacoles (équipement encrassé par des salissures, perte de lieux de pêche ou d'exploitation, contamination grave mais non mortelle de certaines espèces).
Transport maritime : • Les principales voies maritimes traversent des eaux profondes qui dissipent les sons et assimilent les impacts; • Il faut des installations terrestres capables d'absorber les déchets (eaux usées, hydrocarbures dans l'eau de cale); • Le Canada doit calquer ses normes sur celles qui sont en vigueur à l'étranger.	• Introduction et dissémination involontaires d'espèces envahissantes par le changement d'eau de lest et l'incrustation de salissures sur la coque; • Rejet et déversement d'eaux usées, d'hydrocarbures et d'autres contaminants; • Utilisation d'agents antisalissures.	• Eau de lest – principale cause de l'introduction d'espèces envahissantes ainsi que de la propagation de maladies et de parasites tels que la maladie MSX; • Déplacement des espèces envahissantes déjà introduites par incrustation sur la coque de petits bateaux ou sur de l'équipement utilisé pour la pêche, l'aquaculture, le dragage, la navigation de plaisance, etc.; • Absence de lois suffisamment sévères pour contrôler adéquatement le rejet en mer des eaux usées et absence d'installations de vidange le long des côtes du golfe; • Hydrocarbures rejetés en mer par les navires.
Aquaculture : • L'industrie aquacole repose presque exclusivement sur l'élevage des mollusques; • L'élevage des mollusques se pratique entièrement sur les côtes;	• Introduction et propagation d'espèces envahissantes, de maladies et de parasites; • Modification de l'habitat (sédimentation, charge excessive de nutriments); • Perturbation des communautés benthiques;	• Dissémination d'espèces non indigènes (c.-à-d. des espèces envahissantes telles que le crabe vert, le codium fragile et l'ascidie plissée), de maladies (ex. : la maladie MSX) et de parasites; • Conflits avec l'industrie de la pêche commerciale; • Conflits avec d'autres utilisateurs (navigation de plaisance, exploitants touristiques, propriétaires de maisons ou de chalets);

Tableau 5 – Résumé des principales activités humaines, des principaux stresseurs et des principales sources d'inquiétude

Activités	Principaux stresseurs	Principales sources d'inquiétude
Aquaculture (suite) : • Des problèmes ont déjà été détectés ailleurs par suite d'une trop forte concentration d'exploitations aquacoles; il faut connaître les limites écologiques durables; • L'industrie subit les répercussions de piètres pratiques d'aménagement du territoire et influe à son tour sur la navigation de plaisance.	• Impacts sur la capacité de charge pour d'autres espèces.	• Multiplicité des administrations qui participent au processus d'approbation des demandes en aquaculture; • Déchets – les impacts dépendent du type d'exploitation, de son envergure et du rythme de renouvellement de l'eau; • Présence de matières fécales et de mollusques détachés qui accroissent les quantités de matières organiques dans les stations aquacoles. Risque d'asphyxie de l'habitat benthique et des espèces qui en dépendent; • Accroissement du volume de matières organiques déposées au fond de l'eau et risque de colonisation par les macroalgues vertes.
Activités terrestres : • Développement de la zone côtière • Les activités terrestres sont le principal agresseur des zones côtières du Golfe; • En appliquant les pratiques de gestion exemplaires et les mesures de contrôle réglementaires actuelles, il serait plus facile de prévenir d'autres dommages. Les processus naturels pourraient alors assainir la plupart des sites qui posent problème.	• Perte d'habitats, de marais, d'estuaires, etc.; • Accroissement de la charge de nutriments et prolifération d'algues; • Réduction des niveaux d'oxygène par suite de la décomposition de déchets organiques et de la prolifération des végétaux; • Accroissement du volume de sédiments et de la turbidité dans la zone littorale; • Libération d'agents pathogènes dans la zone littorale; • Libération de contaminants; • Changement de la température des eaux réceptrices du littoral; • Modification de l'apport d'eau douce dans les eaux réceptrices.	• Réduction ou modification de la qualité et de la stabilité de l'écosystème (ex. : contaminants, nutriments, bactéries, influence de l'eau douce, température); • Limitation des activités humaines (commerciales et récréatives) dans l'écosystème; • Incidences sur la santé (humains et biote); • Pressions écologiques sur le développement économique; • Multiplication des sources de contaminants dans l'estuaire et dans le Golfe –Grands Lacs, municipalités et entreprises locales, agriculture, transport maritime et systèmes météorologiques en provenance de l'ouest; • Déchets urbains – importante source de molécules organiques (ex. : médicaments, œstrogènes et hormones, qui peuvent nuire aux cycles biologiques). Bactéries, dont le comportement en milieu marin est inconnu; • Nouvelles molécules utilisées à des fins industrielles et domestiques, comme des ignifugeants ou des composés imitateurs aujourd'hui interdits (ex. : BPC); • Lessivage des terres agricoles – source de matières organiques, de nitrate, de phosphate, de pesticides et d'herbicides.
Changements climatiques : Ce problème naissant risque d'avoir des impacts considérables dans les années à venir.	• Changement des propriétés de l'océan (courants, salinité, température, etc.); • Érosion côtière; • Effets sur les habitats côtiers; • Submersion des zones et de l'infrastructure côtières; • Modification de la répartition, de la composition, des structures démographiques et des habitats des espèces.	• Phénomène mondial – conséquences et préoccupations évidentes pour le Golfe; • Sentiment généralisé que cet enjeu dépasse le contrôle de gestion.

3.1 Principales activités humaines, stresseurs et sources d'inquiétude – Résumé

Tableau 5 – Résumé des principales activités humaines, des principaux stresseurs et des principales sources d'inquiétude

Activités	Principaux stresseurs	Principales sources d'inquiétude
Pêche commerciale : • La pêche est assujettie à de nombreux règlements (type d'engins, espèces ou groupes d'espèces); • Il faudra des recherches plus poussées pour déterminer l'impact de la pêche sur l'habitat et l'écosystème.	• Perte de biomasse (déséquilibre de la structure du réseau trophique); • Endommagement ou destruction de l'habitat par les engins de pêche; • Récolte d'espèces proies qui servent de base à la chaîne alimentaire (c.-à-d. pêche du krill ou du capelan); • Pêche fantôme par des engins perdus ou endommagés; • Introduction ou transfert d'espèces envahissantes.	• Intégrité de l'environnement et biodiversité; • Durabilité des pêches; • Conflits entre types d'engins et groupes d'utilisateurs; • Gestion par espèce; • Blessures accidentelles aux espèces en péril; • Utilisation de produits antisalissures (sur des navires, etc.).
Exploration pétrolière et gazière (relevés sismiques et forage exploratoire à l'appui de l'industrie du pétrole et du gaz) : • L'industrie en est encore au stade exploratoire, mais on peut s'attendre à ce que les activités s'intensifient sensiblement; • Les recherches sont stimulées par la création du Centre de recherche environnementale sur le pétrole et le gaz extracôtiers (CREPGE).	**Relevés sismiques** • Bruit créé par l'utilisation fréquente et prolongée de canons à air; • Déversements accidentels d'hydrocarbures; • Collisions avec des navires (mammifères marins et reptiles); • Introduction d'espèces envahissantes par le changement d'eau de l'est (les navires). **Forage exploratoire** • Débris et équipement laissés au fond de l'eau; • Déversements accidentels d'hydrocarbures; • Déblais/boue de forage; • Pollution par le bruit et la lumière; • Introduction d'espèces envahissantes (plateformes et navires de ravitaillement).	• De nombreux impacts connus sur les mammifères marins et les poissons, à l'état d'œufs, de larves, de juvéniles et d'adultes; • Conflits entre l'industrie pétrolière et d'autres utilisateurs; • Esthétique des paysages terrestres et marins; • Effets négatifs sur l'écotourisme – c.-à-d. changement des profils migratoires des baleines ou comportement d'évitement qui pourrait nuire aux excursions d'observation des baleines; installations de forage inesthétiques; • Plages souillées et mortalité d'animaux; • Impacts sur la pêche commerciale et les exploitations aquacoles (équipement encrassé par des salissures, perte de lieux de pêche ou d'exploitation, contamination grave mais non mortelle de certaines espèces).
Transport maritime : • Les principales voies maritimes traversent des eaux profondes qui dissipent les sons et assimilent les impacts; • Il faut des installations terrestres capables d'absorber les déchets (eaux usées, hydrocarbures dans l'eau de cale); • Le Canada doit calquer ses normes sur celles qui sont en vigueur à l'étranger.	• Introduction et dissémination involontaires d'espèces envahissantes par le changement d'eau de lest et l'incrustation de salissures sur la coque; • Rejet et déversement d'eaux usées, d'hydrocarbures et d'autres contaminants; • Utilisation d'agents antisalissures.	• Eau de lest – principale cause de l'introduction d'espèces envahissantes ainsi que de la propagation de maladies et de parasites tels que la maladie MSX; • Déplacement des espèces envahissantes déjà introduites par incrustation sur la coque de petits bateaux ou sur de l'équipement utilisé pour la pêche, l'aquaculture, le dragage, la navigation de plaisance, etc.; • Absence de lois suffisamment sévères pour contrôler adéquatement le rejet en mer des eaux usées et absence d'installations de vidange le long des côtes du golfe; • Hydrocarbures rejetés en mer par les navires.
Aquaculture : • L'industrie aquacole repose presque exclusivement sur l'élevage des mollusques; • L'élevage des mollusques se pratique entièrement sur les côtes;	• Introduction et propagation d'espèces envahissantes, de maladies et de parasites; • Modification de l'habitat (sédimentation, charge excessive de nutriments); • Perturbation des communautés benthiques;	• Dissémination d'espèces non indigènes (c.-à-d. des espèces envahissantes telles que le crabe vert, le codium fragile et l'ascidie plissée), de maladies (ex. : la maladie MSX) et de parasites; • Conflits avec l'industrie de la pêche commerciale; • Conflits avec d'autres utilisateurs (navigation de plaisance, exploitants touristiques, propriétaires de maisons ou de chalets);

Tableau 5 – Résumé des principales activités humaines, des principaux stresseurs et des principales sources d'inquiétude

Activités	Principaux stresseurs	Principales sources d'inquiétude
Aquaculture (suite) : • Des problèmes ont déjà été détectés ailleurs par suite d'une trop forte concentration d'exploitations aquacoles; il faut connaître les limites écologiques durables; • L'industrie subit les répercussions de pietres pratiques d'aménagement du territoire et influe à son tour sur la navigation de plaisance.	• Impacts sur la capacité de charge pour d'autres espèces.	• Multiplicité des administrations qui participent au processus d'approbation des demandes en aquaculture; • Déchets – les impacts dépendent du type d'exploitation, de son envergure et du rythme de renouvellement de l'eau; • Présence de matières fécales et de mollusques détachés qui accroissent les quantités de matières organiques dans les stations aquacoles. Risque d'asphyxie de l'habitat benthique et des espèces qui en dépendent; • Accroissement du volume de matières organiques déposées au fond de l'eau et risque de colonisation par les macroalgues vertes.
Activités terrestres : • Développement de la zone côtière • Les activités terrestres sont le principal agresseur des zones côtières du Golfe; • En appliquant les pratiques de gestion exemplaires et les mesures de contrôle réglementaires actuelles, il serait plus facile de prévenir d'autres dommages. Les processus naturels pourraient alors assainir la plupart des sites qui posent problème.	• Perte d'habitats, de marais, d'estuaires, etc.; • Accroissement de la charge de nutriments et prolifération d'algues; • Réduction des niveaux d'oxygène par suite de la décomposition de déchets organiques et de la prolifération des végétaux; • Accroissement du volume de sédiments et de la turbidité dans la zone littorale; • Libération d'agents pathogènes dans la zone littorale; • Libération de contaminants; • Changement de la température des eaux réceptrices du littoral; • Modification de l'apport d'eau douce dans les eaux réceptrices.	• Réduction ou modification de la qualité et de la stabilité de l'écosystème (ex. : contaminants, nutriments, bactéries, influence de l'eau douce, température); • Limitation des activités humaines (commerciales et récréatives) dans l'écosystème; • Incidences sur la santé (humains et biote); • Pressions écologiques sur le développement économique; • Multiplication des sources de contaminants dans l'estuaire et dans le Golfe –Grands Lacs, municipalités et entreprises locales, agriculture, transport maritime et systèmes météorologiques en provenance de l'ouest; • Déchets urbains – importante source de molécules organiques (ex. : médicaments, œstrogènes et hormones, qui peuvent nuire aux cycles biologiques). Bactéries, dont le comportement en milieu marin est inconnu; • Nouvelles molécules utilisées à des fins industrielles et domestiques, comme des ignifugeants ou des composés imitateurs aujourd'hui interdits (ex. : BPC); • Lessivage des terres agricoles – source de matières organiques, de nitrate, de phosphate, de pesticides et d'herbicides.
Changements climatiques : Ce problème naissant risque d'avoir des impacts considérables dans les années à venir.	• Changement des propriétés de l'océan (courants, salinité, température, etc.); • Érosion côtière; • Effets sur les habitats côtiers; • Submersion des zones et de l'infrastructure côtières; • Modification de la répartition, de la composition, des structures démographiques et des habitats des espèces.	• Phénomène mondial – conséquences et préoccupations évidentes pour le Golfe; • Sentiment généralisé que cet enjeu dépasse le contrôle de gestion.

4. Sommaire

Le présent aperçu de l'écosystème du golfe du Saint-Laurent prouve que le Golfe est bel et bien un milieu unique. Réunies ensemble, ses composantes physiques et biologiques créent un écosystème distinct aux ressources abondantes. C'est pourquoi on retrouve une multitude d'activités humaines tant à l'intérieur du Golfe que sur ses rivages, et de nombreuses personnes vivent de ses ressources.

Les auteurs du présent rapport ont tenté d'énumérer – de façon très générale –, les incidences possibles de toutes ces activités. Le but visé était de cerner les facteurs connus et les facteurs inconnus du Golfe car il importe de comprendre les liens étroits qui unissent des systèmes environnementaux avant de pouvoir cerner les menaces qui les guettent et de mettre en œuvre des mesures de gestion pour atténuer ces menaces. Le rapport met en lumière l'extrême importance pour toutes les parties ayant un intérêt dans le Golfe, que ce soit les gouvernements, les organismes ou les particuliers, de travailler ensemble à conserver la pérennité de cet écosystème essentiel.